João Carlos Cardoso Galvão
Aluízio Borém
Marco Aurélio Pimentel
Editores

MILHO

do plantio à colheita

2ª edição

EDITORA UFV

Digitalizado com CamScanner

Aluízio Borém
João Carlos Cardoso Galvão
Marco Aurélio Pimentel
Editores

MILHO
do Plantio à Colheita

2ª Edição - atualizada e ampliada

EDITORA
UFV
Universidade Federal de Viçosa
2017

Digitalizado com CamScanner

Apresentação

O milho é uma gramínea explorada desde os primórdios da agricultura, com evidências de que a domesticação desta espécie teve início há mais de 10.000 anos.

Existem variedades adaptadas ao cultivo comercial desde a latitude 58° N até 40° S, do nível do mar até 3.800 metros de altitude e nas mais variadas condições de clima e época de cultivo. Este fato, aliado à versatilidade de utilização do milho, torna-o uma das espécies agrícolas de maior importância mundial. Com isso, há ampla gama de sistemas de cultivo possíveis de serem explorados.

Este livro, que se tornou um dos mais vendidos da Editora UFV após seu lançamento, aborda os principais aspectos agronômicos, explorando facetas envolvidas desde o plantio até a colheita do milho. Portanto, constitui fonte de informações para agrônomos, técnicos e produtores interessados na cultura desta espécie. Nesta segunda edição, incluímos apenas um capítulo sobre comercialização dessa *commodity*, em atendimento à sugestão de vários leitores. Como os demais capítulos ainda se encontram atualizados, não sofreram alteração. Um *expert* na área – com formação em Engenharia Agronômica, MBA em economia – e professor da BM&F elaborou o capítulo Comercialização de Commodities Agrícolas e Gestão de Riscos. **Milho: do plantio à colheita** agora está mais completo e interessante. Boa leitura!

Os editores

Digitalizado com CamScanner

Sumário

1. Importância e usos do milho no Brasil, *9*
2. Botânica, *25*
3. Ecofisiologia, fenologia e implicações básicas de manejo, *49*
4. Preparo do solo e plantio, *76*
5. Recomendação de corretivos e adubação, *107*
6. Cultivares, *139*
7. Cultivares transgênicos, *156*
8. Manejo da irrigação, *180*
9. Milho segunda safra, *210*
10. Milho silagem, *229*
11. Manejo de plantas daninhas, *247*
12. Manejo de pragas, *278*
13. Manejo de doenças, *299*
14. Colheita e armazenamento, *328*
15. Comercialização de *commodities* agrícolas e gestão de riscos, *357*

Digitalizado com CamScanner

Importância e Usos do Milho no Brasil 1

Gustavo Vitti Môro[1] e *Roberto Fritsche-Neto*[2]

O milho é uma gramínea que pertence à família *Poaceae*, tribo *Maydeae*, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. Possivelmente é originário do Continente Americano, pois lá se encontram os seus parentes selvagens mais próximos (teosinte e *Tripsacum*). É explorado desde os primórdios da agricultura, com evidências de que a domesticação desta espécie teve início há mais de 10.000 anos, tendo sido o principal cultivo de importantes civilizações, como a dos astecas, maias e incas (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). Durante esse período, o homem selecionou características da planta de milho que atendiam às suas necessidades e estas foram se "acumulando", culminando com a planta de milho hoje conhecida. Como essas características são, na sua maioria, desfavoráveis evolutivamente, ao longo dos anos o milho foi se tornando dependente do homem para sua perpetuação e sobrevivência.

O milho, mesmo após esse longo período de seleção, ainda apresenta significativa variabilidade genética para diversas características. Embora a maior parte dessa variabilidade, conservada em bancos de germoplasma, não tenha utilização imediata ou não tenha sido avaliada quanto ao seu potencial, sua manutenção é de extrema importância para garantir o futuro da espécie. No Brasil, essa atividade é de responsabilidade da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

[1] Engenheiro-agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Unesp/FCAV. E-mail: gvmoro@fcav.unesp.br
[2] Engenheiro-agrônomo, M.S., D.S. e Professor da USP/Esalq. E-mail: rfritscheneto@gmail.com

Digitalizado com CamScanner

e da Embrapa Milho e Sorgo e, mundialmente, é desempenhada pelo Centro Internacional de Pesquisa de Milho e Trigo (CYMMIT), no México. Para se ter uma ideia da magnitude de sua variabilidade, sabe-se que quase todo o milho explorado comercialmente apresenta grãos com coloração variando de amarelo a laranja, mas existem raças com coloração de grãos que vai do preto ao vermelho (Figura 1.1). Outras características que também podem variar no milho são a composição e o tipo de grão, o qual pode ser dentado, duro, farináceo, pipoca e doce, embora a maior parte do milho cultivado pertença aos dois primeiros tipos.

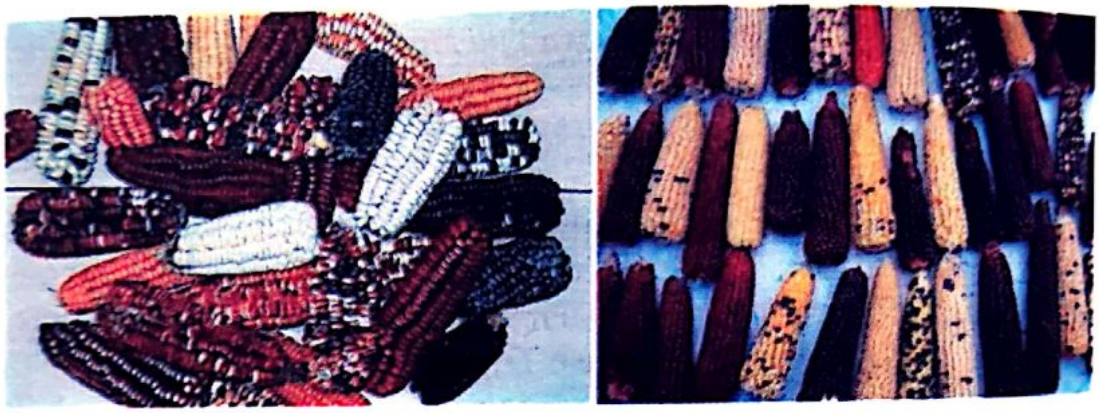


Figura 1.1 - Variabilidade genética em milho para cor do grão.

Pela grande variedade de raças e cultivares, a espécie *Zea mays* L. é considerada politípica, apresentando características que permitem seu cultivo em praticamente todos os continentes (FORNASIERI FILHO, 2007). Existem genótipos adaptados ao cultivo comercial desde a latitude 58° N até 40° S, do nível do mar até 3.800 metros de altitude (PATERNIANI, 1995) e nas mais variadas condições de clima e época de cultivo. Esse fato, aliado à versatilidade de utilização do milho, torna esta uma das espécies agrícolas de maior importância mundial. Com isso, há ampla gama de sistemas de cultivo possíveis de serem explorados.

Esta obra, portanto, trata, de forma mais geral, dos principais aspectos agronômicos, explorando facetas envolvidas desde o plantio até a colheita, além de outras características relevantes da espécie. Nesse primeiro capítulo serão apresentados aspectos inerentes à cultura propriamente dita, principalmente no que diz respeito à composição, utilização, importância econômica e social. Nos demais capítulos serão

Digitalizado com CamScanner

exploradas diferentes questões agronômicas e genéticas específicas da cultura e, ao final, espera-se que o leitor tenha uma ideia da complexidade envolvida no cultivo dessa magnífica espécie.

Composição e usos do milho

No milho comum, o principal componente do grão é o endosperma, que apresenta elevado teor de amido, classificando essa espécie como cereal (Figura 1.2 e Tabela 1.1). Existem tipos especiais de milho que mostram variação quanto à composição dos grãos, os quais serão tratados mais adiante neste capítulo, cabendo esta seção ao "milho comum". A principal utilização do milho é como constituinte de rações para nutrição de animais monogástricos (Tabela 1.2). Isso é evidenciado ao se levarem em conta os dados da evolução da produção de milho e o crescimento da produção de suínos e aves ao longo dos anos (Figura 1.3), podendo estes ser considerados subprodutos do milho (FORNASIERI FILHO, 2007).

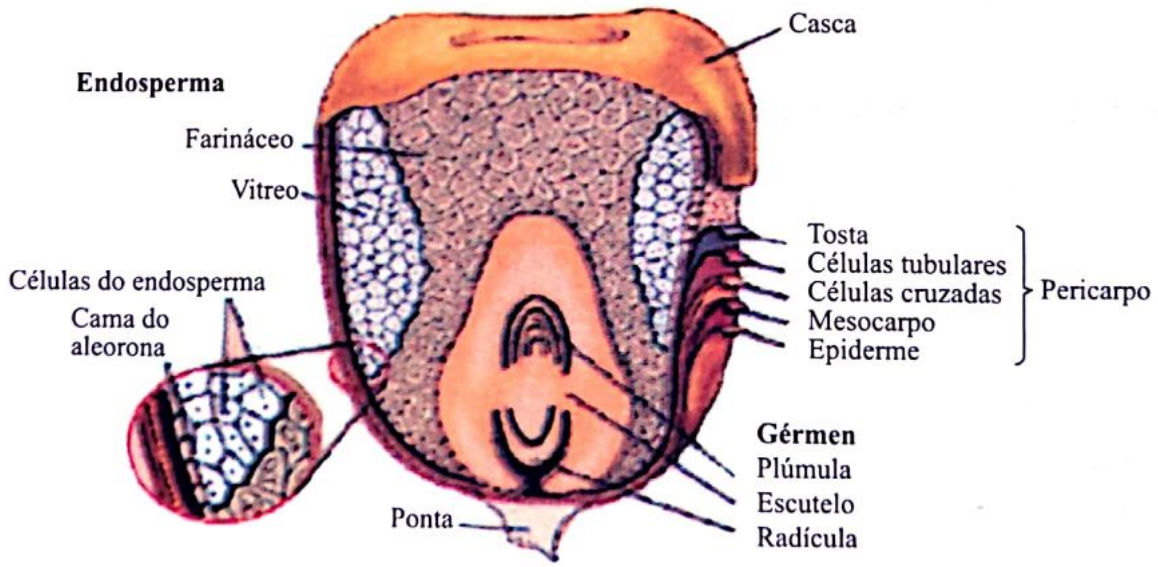


Figura 1.2 - Anatomia do grão de milho e suas partes.

Fonte: Adaptado de BRITANNICA, 2006 citado por PAES, 2006.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 1.1 - Composição química média do grão maduro de milho e de seus componentes, em porcentagem

Fração	Grão	Amido	Proteína	Lipídeos	Açúcares	Cinza
Grão inteiro	100,0	73,5	9,0	4,3	1,9	1,5
Endosperma	82,6	87,6	7,9	0,83	0,62	0,33
Embrião	11,1	8,0	18,3	33,5	10,5	10,6
Pericarpo	5,4	7,2	3,6	1,03	0,36	0,85
Ponta	0,8	5,3	9,1	3,8	1,61	1,59

Fonte: FORNASIERI FILHO, 2007.

Embora a principal utilização seja como fonte de energia através do amido dos seus grãos, o milho também pode ser empregado como matéria-prima em diferentes segmentos e produtos, tendo mais de 3.500 formas de utilização direta e indireta. Na alimentação humana, cerca de 15% da produção mundial é utilizada diretamente, mas como são consumidos também diversos outros produtos empregando esse grão (Tabela 1.3), o milho é considerado espécie indispensável para a humanidade.

Tabela 1.2 - Estimativa da demanda de milho por segmento

Segmento	Demanda (1.000 t)	
	2014/15	2015/16
Consumo animal	49.454	50.801
Aves de corte	24.578	25.070
Aves de postura	4.074	4.196
Suinocultura	13.247	13.644
Bovinocultura	4.158	4.324
Outros animais	3.397	3.567
Consumo industrial	6.589	7.248
Consumo humano	1.863	1.854
Outros usos	4.180	4.224
Perdas	1.724	1.742
Sementes	389	389
Exportação	28.924	28.000
Demanda total	93.123	94.257
Estoque final	13.326	7.342

Fonte: ABIMILHO, 2016.

Digitalizado com CamScanner

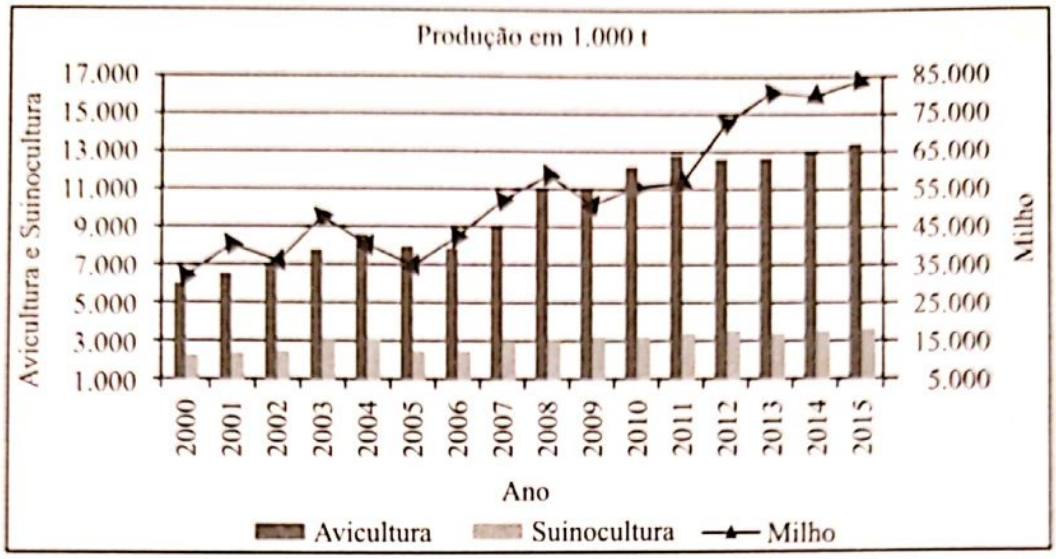


Figura 1.3 - Evolução da produção de milho, suinocultura e avicultura no Brasil, no período de 2000 a 2015.

Fonte: CONAB, 2016.

Tabela 1.3 - Alguns produtos obtidos direta ou indiretamente do milho

Produto	Produto
Acetato de cálcio e magnésio	Grits
Adesivos (colas, pastas, mucilagens, gomas etc.)	Herbicida natural
Álcoois etílico e butílico	Inseticidas
Alimentos para bebê	Iogurtes
Alimentos congelados	Ketchup
Alumínio	Lápis de cor e de cera
Amido e glucose (mais de 40 tipos)	Licorice
Antibióticos (penicilina)	Maioneses
Asbestos para materiais de condicionamento térmico	Manteiga de amendoim
Aspirina e outros medicamentos	Manufatura de papéis
Automóveis (volante, estofamento, cabeça do cilindro, pneus, acabamento de borrachas sintéticas)	Margarinas
Balas e confeitos	Molhos para saladas
Batata chips	Mostarda preparada
Baterias para veículos	Óleo comestível
Bebidas gasosas	Pães e biscoitos
Cafés e chás instantâneos	Papéis de parede

Continua...

Digitalizado com CamScanner

Tabela 1.3 - Cont.

Produto	Produto
Carpetes, tapetes	Papéis e papelões (corrugados e laminados)
Carreadores de cor em papéis, tecidos e tinta para impressão	Pasta de dente
Cereais matinais	Pigmentos
Cerveja	Plásticos degradáveis
Chiclete de goma	Polidor para sapatos
Coberturas em madeira, papel e metal	Pós para sobremesas
Combustível (etanol)	Produtos de chocolates
Copos e pratos de papel	Produtos farmacêuticos
Cosméticos	Produtos maltados
Couro acabado	Queijos ou requeijões cremosos
Cremes de barbear	Ração animal e alimentos para animais de estimação
Dextrose (utilizada desde soluções intravenosas a coberturas para bolos)	Refrigerantes
Escurecedor de couro	Suplementos para alimentação animal (vitaminas e aminoácidos)
Explosivos (fogos de artifício)	Salgadinhos tipo chips, tortilhas e outros
Farinhas ou fubás de milho	Tacos e tortilhas
Fibra de vidro	Tecidos e gomas
Filmes fotográficos	Tinta látex
Fraldas descartáveis	Tinta para máquinas de etiquetas de preço
Frutose seca e xaropes (usados em refrigerantes, misturas alimentícias etc.)	Vegetais enlatados
Geleias e doces em conserva	Whisky
Giz para quadro negro	Xaropes

Fonte: PAES, 2006.

Tipos especiais de milho e suas utilizações

Além dos produtos diretos e indiretos obtidos do milho comum (Figura 1.4), há tipos especiais que são utilizados na produção de algum derivado ou mesmo em setor bem definido na alimentação humana.

Digitalizado com CamScanner

Esses tipos diferentes de milho são, geralmente, variações genéticas pontuais ocorridas naturalmente no milho comum e que alteraram alguma característica específica, direcionando seu consumo para determinado segmento. A grande variabilidade genética na espécie permite diferentes usos do milho, sendo os principais: o milho-doce, milho-pipoca e o minimilho. O milho silagem, devido à sua importância e peculiaridade de cultivo, merece um capítulo à parte.

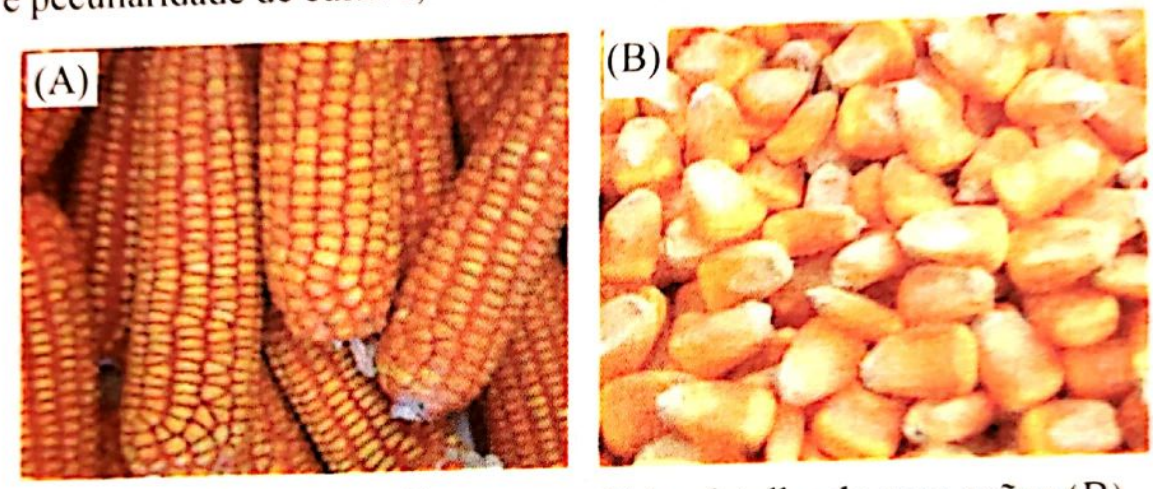


Figura 1.4 - Espiga de milho comum (A) e detalhe de seus grãos (B).

O milho-doce (Figura 1.5) é uma mutação natural recessiva e têm sido descritos diversos genes responsáveis por característica, sendo os mais conhecidos o *sugary* e *shrunken*. Nos cultivares comerciais, esses genes podem estar isolados ou em conjunto e, de modo geral, seu principal efeito é alterar a reserva do endosperma, que passa a armazenar açúcares em vez do amido. Essa diferença nos grãos do milho-doce altera completamente sua forma de cultivo – condução das lavouras, cuidados na colheita e na pós-colheita desses campos – bem como de consumo (FORNASIERI FILHO, 2007). As características prioritárias também serão diferentes daquelas do milho comum, principalmente no que diz respeito à aparência e textura dos grãos, já que a principal forma de consumo do milho-doce é *in natura* em espigas verdes e grãos enlatados em conserva. Um aspecto importante é que a característica do milho-doce permite que se obtenha milho em conserva com qualidade, pois se fossem utilizados grãos comuns com alto teor de amido, esses seriam deteriorados pelos componentes da conserva, afetando negativamente o produto final.

Digitalizado com CamScanner

Figura 1.5 - Espiga de milho-doce para consumo *in natura* (A) e detalhe das sementes de milho-doce após maturação fisiológica (B).

O milho-pipoca (Figura 1.6), também um tipo especial, apresenta características peculiares que o tornam exclusivo para consumo humano na forma de pipoca. O seu pericarpo é muito resistente e hermeticamente fechado. Na presença de óleo e com a umidade dos grãos, quando aquecido à temperatura adequada, o pericarpo se rompe, expondo o endosperma; e obtém-se, assim, um produto com as características de maciez e sabor próprios para consumo (ZINSLY; MACHADO, 1987). Para se ter uma ideia da "dureza" do pericarpo do milho-pipoca, é interessante mencionar que a pressão necessária para estourar o grão é da ordem de 9 $kg.cm^{-2}$, enquanto para os pneus da maioria dos automóveis é de 6 $kg.cm^{-2}$. No milho-pipoca também há características específicas que são até mais importantes do que a produtividade, como a capacidade de expansão dos grãos.

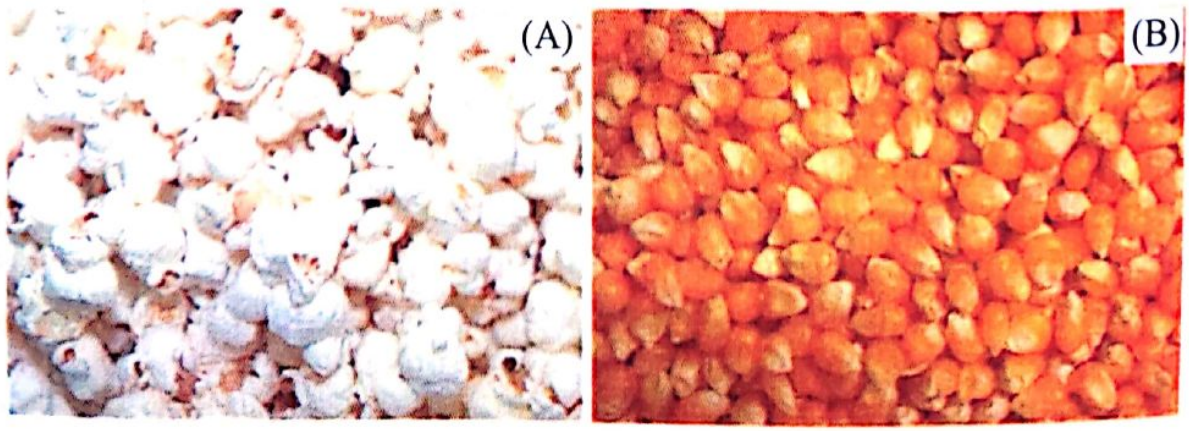


Figura 1.6 - Pipoca obtida do milho-pipoca (A) e detalhe do tipo de grão utilizado para essa finalidade (B).

Digitalizado com CamScanner

O minimilho ou *baby-corn* (Figura 1.7) refere-se à inflorescência feminina antes da polinização ou ao sabugo jovem da espigueta de uma planta de milho, que geralmente apresenta sabor adocicado, principalmente quando se utilizam cultivares de milho-doce para sua obtenção (FORNASIERI FILHO, 2007). É consumido diariamente na alimentação humana na forma *in natura* ou em conserva. Nas lavouras destinadas à obtenção do minimilho, além da elevada densidade populacional de cultivo, é necessário impedir a polinização das inflorescências femininas, utilizando-se então a macho-esterilidade ou o despendoamento no caso das plantas macho-férteis. Com isso, é possível realizar mais de uma colheita por planta, tornando o seu cultivo similar ao de uma hortaliça.

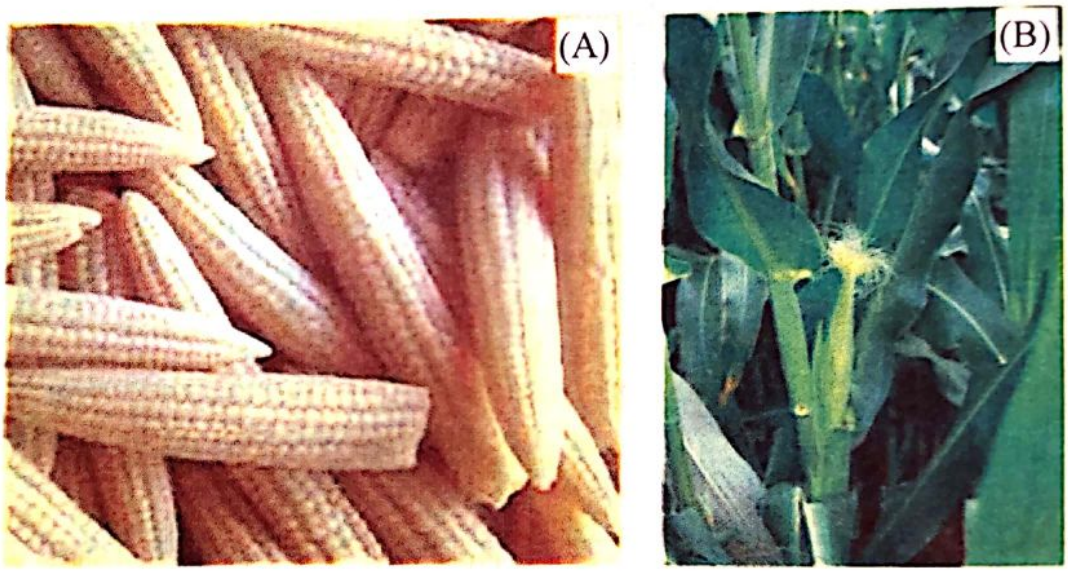


Figura 1.7 - Espiga de minimilho utilizado para consumo humano (A) e detalhe da época em que se coleta a espiga jovem da planta (B).

Existem ainda vários outros tipos, como o milho de alta qualidade proteica (QPM), milho com alto teor de óleo, milho-ceroso, milho para alta amilose, milho para silagem, entre outros (FORNASIERI FILHO, 2007). Para todos esses tipos de milho, em que o agricultor não objetiva unicamente a produção do grão, devem ser adotadas condições especiais de cultivo e manejo, principalmente no que diz respeito a plantio, condução, colheita e pós-colheita. Além disso, em cada caso, diferentes características passam a figurar como principal, ao contrário do milho comum, cujo propósito é a máxima

Digitalizado com CamScanner

produtividade. Dessa forma, cabe ao engenheiro-agrônomo conhecer as peculiaridades de cada tipo, para garantir o sucesso destes cultivos.

Aspectos socioeconômicos da cultura do milho

Cenário mundial

O milho é uma cultura de relevante importância internacional, ocupando posição de destaque entre as espécies agrícolas exploradas mundialmente, pois é um alimento de alto valor energético e de custo relativamente baixo, além de ser empregado em grande número de produtos, conforme mencionado. Se se considerarem as principais espécies cereais cultivadas no mundo, o milho ocupa a 2ª posição em termos de área cultivada, mas é o que apresenta maior volume de produção (Tabela 1.4).

Tabela 1.4 - Área colhida, produção e produtividade média dos três principais cereais produzidos no mundo nos anos agrícolas 2012/2013 e 2013/2014

Cultura	Área colhida (milhões de ha)		Produção (milhões de t)		Produtividade ($t.ha^{-1}$)	
	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014
Milho	175,0	176,5	855,0	959,8	4,9	5,4
Trigo	215,8	221,1	655,3	697,8	3,0	3,2
Arroz	157,8	161,3	469,8	478,7	4,4	4,4

Fonte: USDA, 2016.

A América do Norte é a maior produtora mundial do milho, mas também merecem destaque a Ásia Oriental e a América do Sul (USDA, 2016). Com relação aos principais países produtores, os Estados Unidos se destacam pelo maior volume de produção, devido à elevada produtividade e também à área colhida (Tabela 1.5). Os três principais países produtores de milho (Tabela 1.5) são responsáveis por 66% do volume total de produção dessa cultura.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 1.5 - Área colhida, produção e produtividade dos quatro principais países produtores de milho nas safras 2012/2013 e 2013/2014

País	Área colhida (milhões de ha)		Produção (milhões de t)		Produtividade ($t.ha^{-1}$)	
	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014	2012/2013	2013/2014
EUA	35,4	36,1	273,8	354,3	8,0	10,0
China	35,0	35,6	205,6	211,0	5,9	5,9
Brasil	15,8	15,5	77,0	72,0	4,9	4,6
Argentina	4,0	3,5	26,5	27,0	6,6	7,7

Fonte: USDA, 2016.

Os Continentes que mais produzem milho são também os responsáveis pelo maior consumo deste cereal (USDA, 2016). Da mesma forma, os principais países produtores são os que mais consomem o grão (Tabela 1.6), com exceção da Argentina, que, embora seja o quarto maior produtor, é um dos países com menor consumo deste produto (USDA, 2016). Já o México, que não se destaca entre os cinco países com maior produção de milho, é o quinto maior consumidor, provavelmente por questões culturais de alimentação.

Tabela 1.6 - Principais regiões consumidoras de milho nas safras 2014/2015 e 2015/2016

Regiões	Consumo (milhões de t)	
	2014/2015	2015/2016
EUA	301,9	300,9
China	202,0	216,0
União Europeia	78,0	76,0
Brasil	57,0	58,0
México	34,5	34,7

Fonte: ABIMILHO, 2016.

Digitalizado com CamScanner

Cenário nacional

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho e, assim como acontece mundialmente, neste país o milho também é uma das espécies agrícolas de maior importância, tanto com relação à área cultivada quanto à produção. Entre as espécies produtoras de grãos, a cultura do milho só é superada pelo complexo da soja (Tabela 1.7), tendo papel indiscutível na economia brasileira.

Apesar de o milho ser cultivado em praticamente todas as regiões do país, há predomínio das Regiões Centro-Oeste e Sul, as quais representam aproximadamente 68% da área cultivada no Brasil (Tabela 1.8). No tocante ao volume total de grãos produzidos, também há predomínio das Regiões Centro-Oeste e Sul, que são responsáveis por 77% de todo o milho produzido em território nacional (Tabela 1.8). Essas duas regiões também apresentam elevada produtividade e, juntamente àquela obtida no Sudeste, superam as demais regiões do país (Tabela 1.8). Vale destacar que, embora apresente uma das maiores produtividades para a cultura, a Região Sudeste contribui com apenas 15% da produção brasileira de milho, por ser uma das regiões com menor área cultivada.

Tabela 1.7 - Estimativa de área plantada e da produção das principais espécies produtoras de grãos na safra 2015/2016 no Brasil

Cultura	Área plantada (mil ha)	Produção (mil t)
Algodão	954,7	1.937,4
Amendoim	119,6	406,1
Arroz	2.007,8	10.602,9
Aveia	291,3	742,5
Feijão	2.837,4	2.515,8
Girassol	51,4	64,2
Mamona	30,2	14,4
Milho	15.922,5	66.979,5
Soja	33.251,9	95.434,6
Sorgo	579,0	1.080,2
Trigo	2.097,0	6.164,1

Fonte: CONAB, 2016.

Digitalizado com CamScanner

Historicamente, o Paraná é o Estado Brasileiro com maior tradição no cultivo de milho, mas verifica-se que, na última safra (2015/16), Mato Grosso teve a maior área de milho cultivada, sendo esses dois Estados responsáveis por 40% da área plantada (Tabela 1.8). Considerando os dados de produção, verifica-se que esses dois Estados são responsáveis por grande parte do milho produzido na Brasil, contribuindo com 44% da produção nacional (Tabela 1.8). Esse fato se justifica, pois, além de serem os Estados com maior área plantada, ambos apresentam elevada produtividade média, o que resulta em grande volume de produção. É interessante comentar que, embora esses dois Estados sejam os grandes produtores do milho brasileiro, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul foram conseguidas as maiores produtividades na última safra, 7.330 $kg.ha^{-1}$ e 7.160 $kg.ha^{-1}$, respectivamente (Tabela 1.8).

A produtividade brasileira varia muito nas diferentes regiões do país, sendo esse um dos fatores que contribui para a baixa produtividade média nacional. A baixa produtividade de algumas regiões pode ocorrer devido a fatores climáticos específicos, mas o que mais contribui para isso é a falta da adoção de tecnologia por esses agricultores, seja pela não utilização de cultivares melhorados, seja pelas práticas agronômicas empregadas, embora no âmbito nacional a produtividade do milho não reflita fielmente o potencial da cultura, apresentando significativas mudanças tecnológicas, o que contribui para o aumento sistemático da produtividade. Esse fato refletirá diretamente no volume da produção no Brasil, sua importância econômica e social, além do destaque internacional do país.

Tabela 1.8 - Área, produção e produtividade de milho (1ª e 2ª safras) para as diferentes regiões e unidades da federação do Brasil, nas safras 2014/2015 e 2015/2016

Região/UF	Área (mil ha)		Produção (mil t)		Produtividade (kg/ha)	
	2014/2015	2015/2016	2014/2015	2015/2016	2014/2015	2015/2016
NORTE	**667,3**	**573,2**	**2.561,0**	**1.966,8**	**3.838**	**3.431**
RR	6,2	4,6	15,4	14,0	2.483	3.036
RO	165,5	158,1	651,3	653,8	3.935	4.135
AC	41,3	39,6	96,3	96,7	2.332	2.442

Continua...

Digitalizado com CamScanner

Tabela 1.8 - Cont.

Região/UF	Área (mil ha)		Produção (mil t)		Produtividade (kg/ha)	
	2014/2015	2015/2016	2014/2015	2015/2016	2014/2015	2015/2016
AM	15,5	5,4	39,4	13,6	2.540	2.515
AP	1,8	1,8	1,6	1,6	907	902
PA	218,7	196,1	706,8	646,9	3.232	3.299
TO	218,3	167,6	1.050,2	540,2	4.811	3.223
NORDESTE	**2.675,4**	**2.425,2**	**6.243,1**	**3.598,8**	**2.333**	**1.484**
MA	514,3	354,3	1.469,2	874,4	2.857	2.468
PI	406,4	492,5	1.064,3	739,5	2.619	1.502
CE	480,6	460,2	151,4	163,8	315	356
RN	25,9	25,0	7,5	7,7	288	309
PB	62,9	84,6	20,3	20,1	322	237
PE	214,7	184,6	58,2	22,2	271	120
AL	30,1	28,3	30,3	19,1	1.007	674
SE	176,2	177,0	668,5	304,1	3.794	1.718
BA	764,3	618,7	2.773,4	1.447,9	3.629	2.340
CENTRO-OESTE	**6.480,2**	**7.067,4**	**39.582,1**	**28.470,9**	**6.108**	**4.028**
MT	3.416,5	3.800,1	20.763,4	15.271,6	6.077	4.019
MS	1.635,5	1.681,0	9.282,9	6.496,0	5.676	3.864
GO	1.363,0	1.521,1	8.993,9	6.430,5	6.599	4.228
DF	65,2	65,2	541,9	272,8	8.312	4.184
SUDESTE	**2.060,7**	**2.051,3**	**11.061,2**	**9.853,3**	**5.368**	**4.803**
MG	1.277,6	1.208,4	6.864,5	5.980,0	5.373	4.949
ES	17,8	13,6	24,3	39,6	1.363	2.910
RJ	2,6	2,0	6,2	5,2	2.394	2.600
SP	762,7	827,3	4.166,2	3.828,5	5.462	4.628
SUL	**3.809,3**	**3.805,4**	**25.225,0**	**23.089,7**	**6.622**	**6.068**
PR	2.456,8	2.612,4	15.862,9	14.484,9	6.457	5.545
SC	411,5	370,0	3.189,1	2.712,1	7.750	7.330
RS	941,0	823,0	6.173,0	5.892,7	6.560	7.160
BRASIL	**15.692,9**	**15.922,5**	**84.672,4**	**66.979,5**	**5.396**	**4.207**

Fonte: CONAB, 2016.

Digitalizado com CamScanner

Aspectos sociais e culturais da cultura do milho

Além da importância econômica da cultura do milho há uma contribuição social da espécie, especialmente em determinadas regiões do Brasil, nos países Andinos e no México. No caso da agricultura familiar, o milho é de grande importância para a subsistência, por ter alto valor energético e ser utilizado diretamente para o consumo humano na forma de milho cozido, afora outros produtos dele derivados, por exemplo pamonha, cural, farinha de milho, canjica, cuscuz, polenta, pães, pipoca, bolos, que são importantes fontes de energia. Além do consumo direto do milho, esse cereal é utilizado na alimentação de animais, principalmente suínos e aves, os quais, por sua vez, são abatidos para o consumo da carne ou então empregados na produção de ovos. Assim, o milho é um alimento consumido diariamente em pequenas propriedades agrícolas e na agricultura familiar; embora em alguns casos não seja cultivado com o intuito de obter lucro, pode ser considerado indispensável na sobrevivência desses agricultores. Nesse contexto, estima-se que um quinto de todo o milho produzido no Brasil seja consumido dentro da propriedade.

Também existe o artesanato feito com a palha de milho, que é tradicional em diversas regiões brasileiras, sendo produzidos bonecas, flores, bancos, cestos e outras peças. Principalmente nas pequenas propriedades, onde a palha das espigas é descartada pelos produtores, pode se transformar em fonte de emprego e renda. A importância desse segmento é relatada pela Embrapa Milho e Sorgo, que desenvolve um trabalho com o objetivo de incrementar o artesanato rural, buscando variedades com características especiais, como tipo e cor da palha, e com boa produtividade de grãos.

O milho também tem o apelo cultural, sendo a atração principal em reuniões, eventos, festejos e confraternizações realizadas em todo o País. Um exemplo são as festas juninas, comuns em todo o território nacional e realizadas na época da colheita do milho, que é então utilizado como ingrediente principal nos tradicionais doces, bolos e salgados.

Digitalizado com CamScanner

Portanto, seja no aspecto econômico, seja social, o milho foi, é e será sempre uma cultura de relevância para a humanidade, garantindo o desenvolvimento mundial ao longo do tempo.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO – ABIMILHO (2016). Disponível em: <http://www.abimilho.com.br>. Acesso em: Set. 2016.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB (2016). Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: Set. 2016.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal, SP: Funep, 2007. 576 p.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 1-6. (Circular técnica, 76).

PATERNIANI, E. Importância do milho na agroindústria. In: OSUNA, J.A.; MORO, J.R. (Ed.). **Produção e melhoramento do milho**. Jaboticabal, SP: Funep, 1995. p.1-11.

PATERNIANI, E.E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 491-552.

UNITED STATE DEPARTAMENT OF AGRICULTURE – USDA (2016). Disponível em: <http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>. Acesso em: Set. 2016.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho pipoca. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (Ed.). **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas, SP: Fundação Cargill 1987. p. 411-422.

Digitalizado com CamScanner

BOTÂNICA 2

Renzo Garcia Von Pinho[1], *Álvaro de Oliveira Santo*[2] e *Iolanda Vilela Von Pinho*[3]

O milho é uma planta alógama, anemófila, monoica e protândrica, com 2n=2x=20 cromossomos. Botanicamente, é assim classificado: a) reino: Plantae; b) divisão: Anthophita; c) classe: Monocotiledonae; d) ordem: Poales; e) família: Poaceae; f) subfamília: Panicoideae; g) tribo: Maydeae; h) gênero: Zea; e i) Espécie: *Zea mays* L.

Origem e dispersão do milho

No processo de domesticação, plantas cultivadas, antes consideradas selvagens, passaram a ter grande dependência do cuidado humano, a começar pelo preparo do solo, controle e competição com outras plantas, semeadura em épocas mais favoráveis, proteção das plantas durante o crescimento etc. Esses aspectos têm grande influência no processo seletivo realizado pelos agricultores (SMITH et al., 2004). A planta de milho passou por todo esse processo e, atualmente, pode-se dizer que a espécie não teria condições naturais de sobrevivência.

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Universidade Federal de Lavras. E-mail: renzo@dag.ufla.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S. e Doutorando em Fitotecnia na Universidade Federal de Lavras. E-mail:alvaroareado@yahoo.com.br
[3] Engenheira-Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras. E-mail: iolanda@hotmail.com

Digitalizado com CamScanner

Apesar de o milho ser uma das plantas mais estudadas no mundo, sua origem e seu processo de domesticação ainda não são bem definidos.

A presença do milho no continente americano foi inicialmente registrada por Colombo, em 05 de novembro de 1492, na costa norte de Cuba. aquele mesmo ano, o milho era plantado desde o sul do Canadá até a parte central do Chile. Naquela época, era pouco cultivado nas planícies recobertas por gramíneas ou savanas da parte central dos EUA e do norte da Argentina. O aumento de cultivo dessas áreas deu-se por volta de 1800, após a adoção do uso do arado de aiveca.

Foi Colombo quem levou grãos de milho, em 1493, para a Europa. Porém, é possível que este cereal tenha chegado àquele continente em época anterior.

Inicialmente, o milho era apenas uma planta exótica nos jardins europeus, mas logo começou a ser reconhecido como uma cultura valiosa. A partir disso, o império espanhol foi o propulsor da difusão do milho na Europa depois do século XV. Em poucos anos, dispersou-se por toda a França, Itália, sudeste da Europa e norte da África. Os portugueses foram os responsáveis pela sua difusão no restante do continente africano e no Oriente, devido às grandes viagens referentes ao comércio daquela época. Portanto, segundo alguns relatos, o milho teria chegado à China em 1516 e ao Japão em 1775 (BARGHINI, 2004).

Muito se tem discutido sobre a verdadeira origem do milho, com menções de áreas desde o Paraguai até a Colômbia, assim como na Guatemala e no México.

Com base nas evidências atuais, é mais provável que ele tenha se originado no México, porque:

a) o teosinto restringe-se a essa área; e

b) evidências arqueológicas indicam que o milho é mais antigo no México.

Registros antigos também são encontrados na região do vale do rio Tehuacán e na caverna Guilá Naquitz, ambos no México. Considerando que o milho é descendente do teosinto *Zea mays* subespécie *parviglumis*, a provável região de sua origem é descrita a partir do vale do rio Balsas, sul do México, presumindo que a

Digitalizado com CamScanner

distribuição deste táxon não se alterou significativamente desde a domesticação do milho (PIPERNO; FLANNERY, 2001) (Figura 2.1).

Figura 2.1 - Localização da caverna de Guilá Naquitz, do vale do rio Tehuacán, e distribuição de *Zea mays* subespécie *parviglumis* no vale do rio Balsas, no México.

Fonte: Adaptado de PIPERNO; FLANNERY, 2001.

A distribuição natural de todos os táxons de teosinto está, portanto, dentro de algumas das melhores terras agrícolas no México e na Guatemala e se encaixa na área cultural de antigas civilizações, como a mexicana e a maia.

Resultados consistentes acerca da origem do milho são apresentados por van Heerwaarden et al. (2011), fundamentados em evidências arqueológicas, botânicas e genéticas da domesticação dessa cultura.

Na América do Sul, as evidências arqueológicas são limitadas, mas existem indidícios de cultivo desde o ano 2500 a.C.

Digitalizado com CamScanner

Até 1967, o teosinto, que é o parente mais próximo do milho, era muito pouco estudado (WILKES, 1967). Posteriormente, outras publicações surgiram, indicando a importância do teosinto como possível ancestral do milho (van HEERWAARDEN et al., 2011; DOEBLEY, 2004; MATSUOKA et al., 2002).

Várias hipóteses já foram apresentadas para explicar a origem do milho. Muitas delas não são consistentes. Assim, apenas três principais são consideradas:

1. A origem comum ou hipótese da evolução divergente

Esta é a hipótese mais simples proposta por Watherwax (1954) e Randolph (1976). Segundo essa hipótese, o milho, o teosinto e o tripsacum originaram de um ancestral comum. É pouco aceita e várias opiniões contrárias foram apresentadas.

2. Hipótese da descendência do teosinto

De acordo com vários autores, o milho originou-se do teosinto – direta e unicamente – por seleção feita pelo homem (Figura 2.2).

Teosinto Milho

Figura 2.2 - Comparativo entre as plantas de teosinto e de milho.

Fonte: Adaptado de KELLOGG, 1997.

Diversos estudos indicam que o milho se originou a partir do teosinto *Zea mays* subespécie *parviglumis*. Alguns relatos identificaram

Digitalizado com CamScanner

grande quantidade de *locus* genéticos em milho que foram afetados pelo homem, devido à imposição de pressões de seleção rigorosas sobre os descendentes de *Zea mays* subespécie *parviglumis* (WRIGHT et al., 2005).

Estudos moleculares têm avançado significativamente a compreensão da origem e evolução do milho. Estas investigações têm ajudado a esclarecer a taxonomia de Zea e, assim, elucidar a relação entre o milho e os teosintos. A este respeito, a evidência molecular fornece forte suporte para a teoria de que o milho é uma forma domesticada do teosinto, e ainda que *Zea mays* subespécie *parviglumis* foi o ancestral direto de milho (DOEBLEY, 1990).

Existe, porém, influência do *Zea mays* subespécie *mexicana* no processo evolutivo da planta de milho. Apesar de os descendentes do cruzamento entre o milho e *Zea mays* subsespécie *mexicana* serem inférteis (ELLSTRAND et al., 2007), há evidências de fluxo gênico da *mexicana* no milho (MATSUOKA et al., 2002) devido à relação entre *Zea mays* subespécie *mexicana* e *Zea mays* subespécie *parviglumis*. Assim, o fluxo de genes de *Zea mays* subespécie *mexicana* tem potencial para afetar a similaridade genética entre as populações de milho (van HEERWAARDEN et al., 2011).

Os que concordam que a origem do milho se deu a partir do teosinto baseiam-se nas diferenças entre as duas espécies, sendo o milho o teosinto domesticado pelo homem. Há evidências genéticas e citológicas de que o milho e o teosinto são parentes. Entre elas, podem-se citar: a) mesmo número de cromossomos, com homologia e morfologia semelhantes; b) facilidade no cruzamento, gerando descendentes férteis; e c) semelhança entre dados morfológicos e isoenzimáticos de raças de milho e teosinto.

Há algumas hipóteses contrárias a respeito da descendência do teosinto, por exemplo Mangesldorf (1974) afirma existirem poucas evidências acerca da domesticação do teosinto. Randolph (1970) assegura que as diferenças entre milho e teosinto são tão pequenas e sua hereditariedade tão complexa que é pouco provável que o homem primitivo possa ter criado ou selecionado o milho a partir do teosinto.

Iltis (1983) admite que talvez um choque imediato, determinado pelo meio ambiente, possa ter provocado rápida conversão

Digitalizado com CamScanner

da espiga central de uma ramificação lateral de teosinto em uma espiga e que esta fenocópia tenha sido imediatamente fixada geneticamente.

Contrários a essa ideia, alguns estudos relatam que os gêneros relacionados ao teosinto são mais parecidos com o próprio teosinto que com o milho. Outros que ele não leva em consideração a maior variação dos tipos de alelos isoenzimáticos no teosinto do que em milho.

3. Hipótese de milho como antepassado do teosinto

Esta hipótese, apresentada por Mangelsdorf (1983), embora pouco aceita atualmente, sugere que o teosinto pode ter se originado do milho.

Domesticação

O processo de domesticação do milho inicia-se a partir da necessidade de os povos primitivos utilizarem mais eficientemente as culturas visando à produção de alimentos.

As peculiaridades dessa planta resumem-se nas estruturas de sua inflorescência feminina (espiga). Essa domesticação ocorreu por meio de seleções feitas pelo homem, com o propósito de obter maior produção de alimento e facilitar a colheita. Assim, quando comparado com o teosinto, o aumento do volume das subunidades colhidas (tamanho e número de grãos e fileiras e comprimento de sabugo) resultou do trabalho do homem, visando maior produção de alimento (Figura 2.3).

Digitalizado com CamScanner

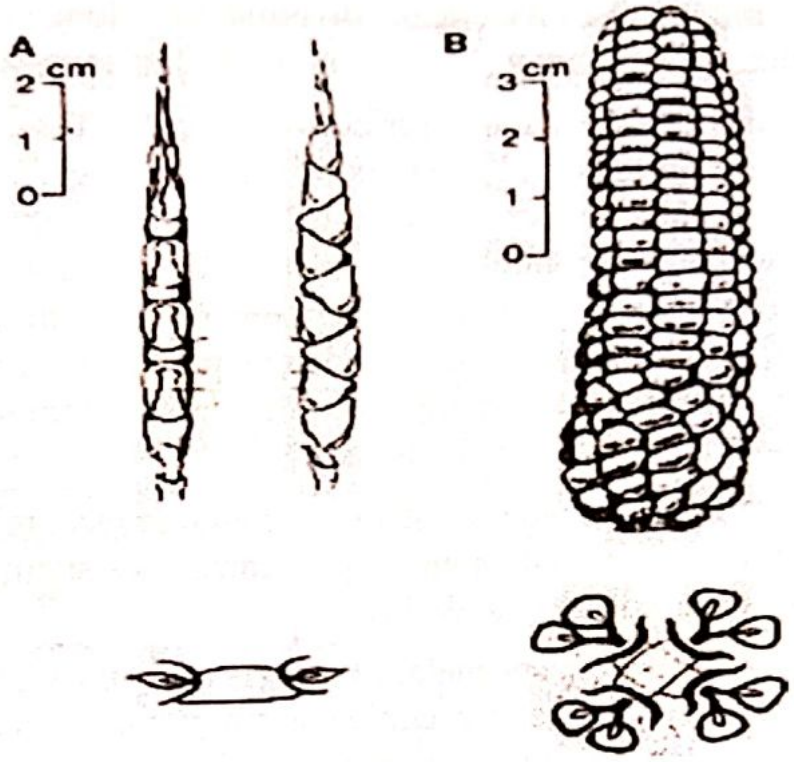


Figura 2.3 - Diferenças entre as espigas de teosinto (A) e milho (B).
Fonte: Adaptado de DOEBLEY et al., 1990.

A redução do número de espigas, a presença de palhas, a transformação para uma ráquis, assim como a presença de hábito anual e de um único colmo também foram obtidas através de seleções feitas pelo homem primitivo, visando facilitar a colheita.

Com o tempo, as gerações dos povos primitivos intensificaram o processo de domesticação, garantindo um fenótipo mais produtivo e confiável (BENZ, 2006).

Benz (2006) também destaca que algumas características associadas ao processo de domesticação, atualmente, não comprovam que houve manipulação genética humana, por exemplo ráquis rígida, espiguetas emparelhadas e o aumento de tamanho de grão, e que todas essas características também estão presentes no material arqueológico do teosinto domesticado. Além disso, o processo de domesticação avançou e assumiu algumas características peculiares em razão da necessidade e do foco dado ao processo de seleção. Segundo Doebley

Digitalizado com CamScanner

(1990), o milho nas Américas divergiu ao longo de linhas ecogeográficas.

No Brasil, as primeiras descrições acerca do milho domesticado foram feitas em meados de 1500 e indicavam que este cereal, em sua maior parte, era de grãos brancos e duros, com pouca variação de cor, sendo comumente encontrados materiais de coloração de grãos amarelo-claros, pretos (roxos) e, ou, vermelhos. Também se cultivava um milho farináceo (branco). Posteriormente, predominaram os milhos duro e cateto (amarelo ou alaranjado), que depois foram substituídos por híbridos ou compostos melhorados.

No Paraguai, os índios cultivavam milho branco, milho-pipoca pontudo e milho farináceo branco, que também existiam no Brasil. Esses relatos datam da metade de 1700.

Na Colômbia e Venezuela, as antigas descrições do milho são vagas. Uma variedade precoce cultivada em planícies inundadas foi descrita em meados de 1700. A raça *yucatán* foi mencionada em 1779. Nos Andes, há descrições datadas de 1700 do cultivo de um milho-doce (*chulpi*) e de um milho-pipoca pontudo (*canguil*), cultivado no Equador e sul da Colômbia. Na bacia amazônica, mais recentemente, predominou um único complexo racial, com as raças *Corioco*, *Piricinco* e *Entrelaçado*.

No sul dos EUA, as descrições mais antigas datam do início de 1700. Na época do descobrimento, as plantas de milho utilizadas pelos indígenas, no leste dos EUA e sudeste do Canadá, tinham espigas compridas, milhos duros do norte com oito fileiras e os farináceos, dos tipos milhos-doces, chamados *Golden Batam*.

Complexos raciais e germoplasmas de milho

O termo raça pode ser definido como um grupo com características distintas e que mantém a capacidade de trocar genes com indivíduos de outras raças. Este grupo apresenta significativo número de genes em comum.

Digitalizado com CamScanner

Uma das dificuldades no estabelecimento de raças de milho é determinar quais características são mais importantes para discriminar diferenças raciais. Um exemplo de caracterização de raças de milho foi apresentado por Weelhausen (1952), que estudou grande coleção de milho mexicano para possíveis usos em programas de melhoramento. Foi dada ênfase na forma da espiga, no número de linhas e textura do grão. Posteriormente, coleções consideradas pertencentes a uma mesma raça foram cultivadas conjuntamente, sendo as que diferiram em características da planta e do pendão retiradas daquele grupo. Várias espigas de cada uma das melhores coleções foram guardadas. Outras variações de raças, para diversas características da planta, como pendão, espiga, grão e algumas características fisiológicas, também foram descritas.

Em outro trabalho, Sanchez e Goodman (1992), após a avaliação de várias características da planta e espiga de milho em diversos locais e anos diferentes, de centenas de raças de milho já descritas e utilizando ferramentas de análise multivariada, definiram que as principais características para classificação racial em milho foram: a) número de folhas por planta; b) relação entre tamanho da ramificação do pendão/tamanho do pendão; c) comprimento das glumas da inflorescência masculina; d) largura do grão; e) relação entre largura do grão/comprimento do grão; f) relação entre diâmetro da espiga/comprimento da espiga; g) comprimento da ráquis; e h) comprimento do entrenó central (da espiga).

A maioria dos estudos de raças de milho publicados no século XX baseava-se em características morfológicas da planta e espiga do milho. Entretanto, era necessário que as informações fossem geradas a partir das constituições cromossômicas das diferentes raças de milho, uma vez que as características cromossômicas não sofrem influência direta do homem. Desse modo, os processos de identificação racial tornaram-se mais precisos quando este processo foi utilizado.

Na Tabela 2.1 são destacados grupos raciais e germoplasmas utilizados em programas de melhoramento.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 2.1 - Principais grupos raciais e germoplasmas de milho

Raça	Origem	Importância e caraterísticas
Tuxpeños, vandeno e celaya	Golfo do México	- deram origem aos milhos dentados do sul dos EUA e ao *corn belt dents*. - bom vigor e potencial produtivo; boa capacidade combinatória; grãos dentados e brancos. - muito utilizados na obtenção de híbridos em áreas tropicais.
Catetos	Sul do Brasil, Uruguai e Argentina	- germoplasma base para obtenção de vários híbridos no Brasil e em outras áreas tropicais. - pendões grandes e espigas compridas e finas; bom desenvolvimento radicular; tolerância ao Al. - grãos duros e amarelo-alaranjados.
Tusóns	Caribe	- fonte de material tropical; combinação com *tuxpeños* e dentados dos EUA; espigas cilíndricas.
Milhos duros do Caribe	Caribe	- espigas cônicas, bem empalhadas; grãos duros; boa qualidade de colmo e raiz. - algumas variedades: *coastal tropical flint*, costeños, catetos nortistas.
ETO	Colômbia	- muito utilizado em programas de melhoramento em diversas partes do mundo. - boa combinação com *tuxpeños*.
Suwan 1 e 2	Tailândia	- problemas de raiz e boa resistência a doenças foliares; espigas cônicas; grãos duros. - Suwan 2: menos produtiva e mais precoce.

Continua...

Digitalizado com CamScanner

Tabela 2.1 - Cont.

Raça	Origem	Importância e caraterísticas
Iowa Stalk Synthetic	Estados Unidos	- obtida pelo intercruzamento de 16 linhagens; colmo resistente; pouca variabilidade genética. - algumas linhagens importantes: B14 (1940), B37 (1958), B73 (1972), B86 (1986).
Northern Flints	Estados Unidos	- plantas de porte baixo; colmo fino e fraco; materiais precoces; pendões rígidos; espigas finas. - grãos grandes e duros; variedades: New England, Canada, Putton, Parker's Flint.
Southern Dents	México	- ciclo tardio; plantas altas; pendões ramificados; espigas com palhas compridas e grossas. - grãos dentados de cor branca; sem perfilhos; variedades: Mexican Yune, Tuxpan, Shoepeg 6.
Corn Belt Dents	Estados Unidos	- germoplasma básico para várias áreas temperadas do mundo; espigas cilíndricas. - sabugo geralmente vermelho; pendões muito ramificados; grãos amarelos e brancos. - variedades importantes: Reid's yellow dent, Lancaster sure crop, Krugen yellow dent, beaming.

Fonte: Adaptado de SMITH et al., 2004.

Digitalizado com CamScanner

A Planta de Milho

O milho é uma planta fotossinteticamente eficiente (C4) e suas características botânicas e morfológicas favorecem a adaptação aos diversos ambientes.

A planta de milho é dividida morfologicamente em duas partes principais, uma localizada abaixo da superfície do solo, constituída pelo sistema radicular, e outra aérea formada por caule, folhas, pendão e espiga (Figuras 2.4).

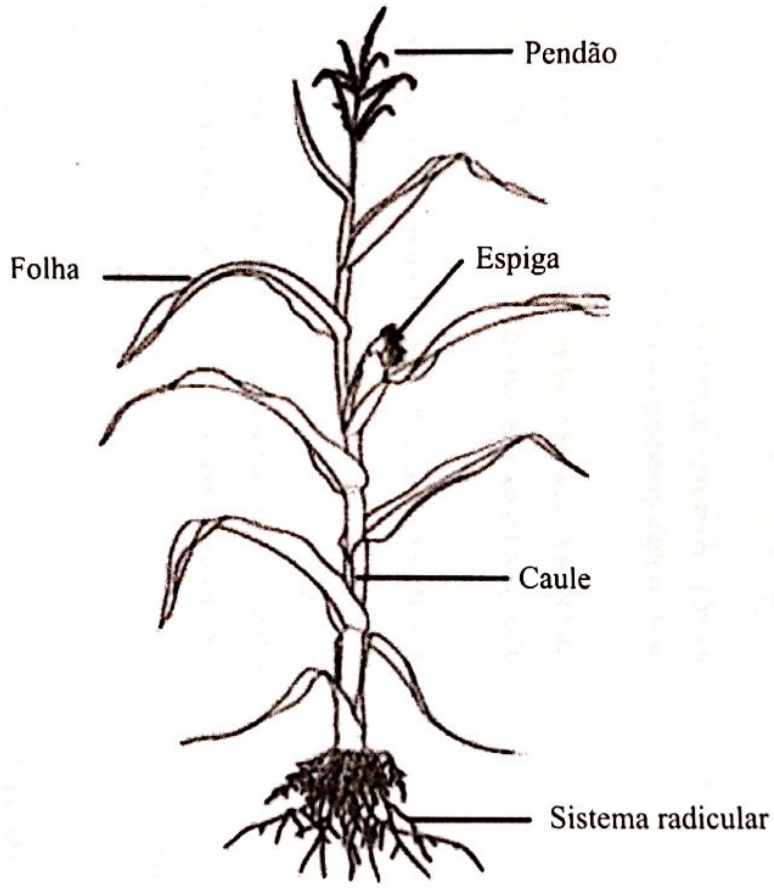


Figura 2.4 - A planta de milho completa.

Fonte: Adaptado de MACKEAN, 2002.

As diferentes partes da planta desenvolvem-se ao longo do ciclo produtivo da cultura. Assim, a divisão do ciclo do milho em estádios distintos de desenvolvimento permite o estabelecimento de relações entre elementos ligados à fisiologia da planta, ao clima, aos

Digitalizado com CamScanner

aspectos fitotécnicos e fitossanitários e ao desempenho da cultura. Portanto, conhecer a fenologia da planta, ou seja, estudar os eventos periódicos do ciclo da planta, de acordo com sua reação às condições ambientais, é importante.

A utilização de escalas fenológicas para maior precisão ao determinar o estádio da planta é então necessária. Ritchie et al. (1993) sugeriram uma escala fenológica com base em: a) estádios vegetativos (V), subdivididos numericamente em V1, V2 etc., até Vn, em que n representa o número de folhas totalmente expandidas da planta, sendo primeiro V o VE (emergência) e o último, o VT (pendoamento); e b) estádios reprodutivos (R), subdivididos em seis etapas, em razão do avanço na maturidade do grão, em que R1 representa o florescimento e R6, o ponto de maturidade fisiológica.

Nas condições em que o milho é explorado no Brasil, o ciclo dos diversos cultivares varia entre 105 e 180 dias (período compreendido entre a semeadura e a colheita). Para um mesmo cultivar, a duração das fases fenológicas vai depender da época de semeadura, regiões e anos e das frequentes mudanças climáticas.

Raízes

A radícula é responsável pelo estabelecimento inicial da plântula (Figura 2.5). Primeiramente, é envolvida por uma estrutura protetora, denominada coleorriza. Embora a radícula seja capaz de se estender a taxas de até 11 centímetros por dia, as taxas de crescimento entre 1 e 4 cm por dia são mais comuns. Posteriormente, desenvolvem-se as raízes primárias ou seminais, que são pouco ramificadas e responsáveis pela nutrição da planta até o estabelecimento do sistema radicular definitivo (raízes secundárias).

A radícula e as raízes seminais laterais (também denominadas sistema radicular seminal) iniciam seu crescimento diretamente a partir da semente. O crescimento dessas raízes fica mais lento logo após o estádio de emergência, tornando-se praticamente inexistente a partir do estádio de desenvolvimento vegetativo 3 (V3). Nesse mesmo estádio, inicia-se o desenvolvimento dos pelos radiculares nas raízes de milho. Embora o sistema radicular seminal continue a funcionar durante a maior parte da vida da planta, sua importante contribuição para a

Digitalizado com CamScanner

nutrição e absorção de água já é notada antes que as raízes secundárias tornem-se bem estabelecidas.

O sistema radicular secundário desenvolve-se entre o 4º e 6º nós abaixo da superfície do solo. Em torno do estádio de desenvolvimento vegetativo 6 (V6), este sistema torna-se o principal responsável pela nutrição da planta.

As raízes adventícias desenvolvem-se no final do ciclo vegetativo, a partir dos nós acima da superfície do solo, e sua principal função é sustentar a planta, podendo, em alguns casos, absorver água e nutrientes nas camadas superficiais do solo.

Todas as raízes, exceto as radículas e adventícias, tendem a crescer em um ângulo de 25º a 30º com a horizontal. Porém, o crescimento inicial das radículas pode ocorrer em qualquer direção (exceto para cima), para orientar a semente.

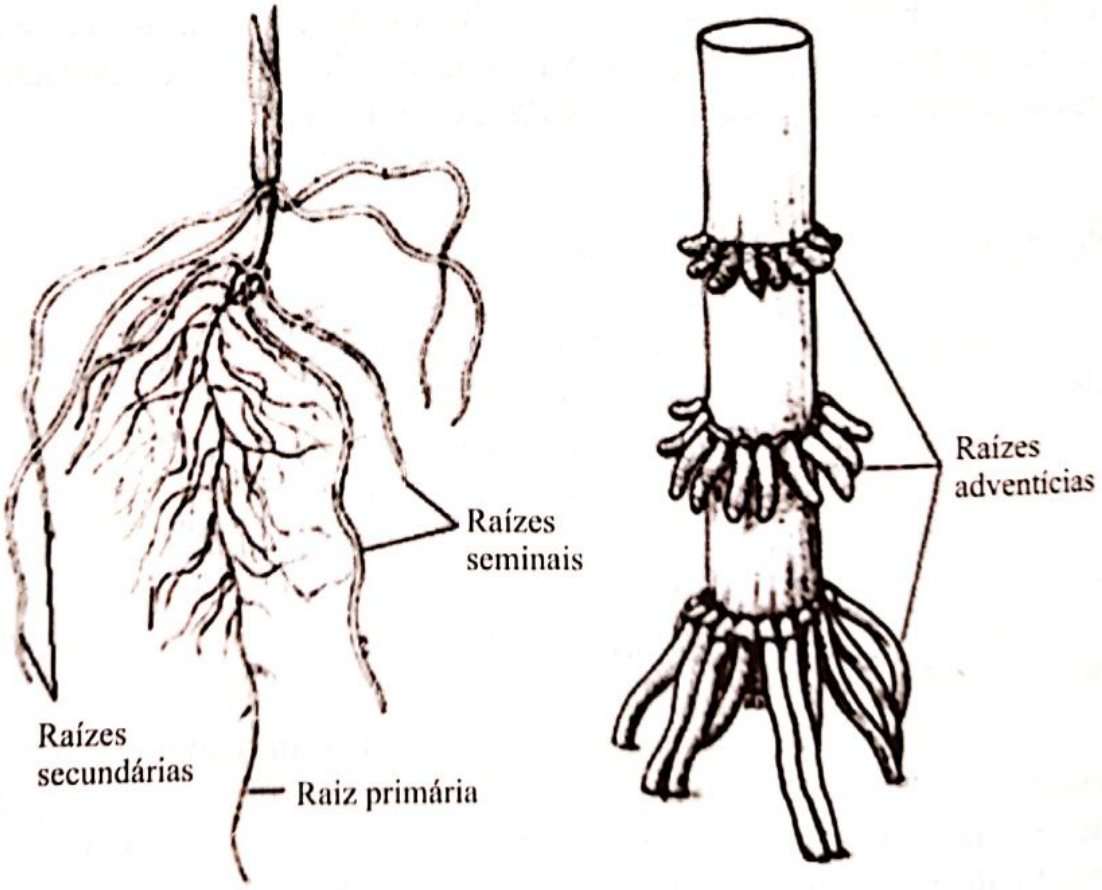


Figura 2.5 - Estrutura radicular da planta de milho.

Fonte: Adaptado de DOEBLEY et al., 1990.

Digitalizado com CamScanner

Na planta adulta de milho, aproximadamente 75% das raízes encontram-se na camada superficial do solo (0-20 cm). Desse modo, condições ambientais desfavoráveis, como longos períodos sem chuva, podem comprometer a absorção de água e nutrientes pela planta, prejudicando seu desenvolvimento. Algumas práticas favorecem o desenvolvimento radicular, como: a) colocar, na adubação de semeadura, o fertilizante ligeiramente abaixo da semente, estimulando o crescimento radicular em profundidade; b) corrigir o pH do solo e neutralizar o alumínio; e c) descompactar o solo, favorecendo a aeração e infiltração de água.

Vale ressaltar que, atualmente, alguns híbridos de milho foram desenvolvidos visando à tolerância à seca. Esses híbridos apresentam, entre outras características, maior eficiência na utilização da água e modificações morfológicas e anatômicas nas raízes, permitindo seu maior desenvolvimento e aprofundamento, com consequente exploração das camadas subsuperficiais do solo.

Colmo

O colmo da planta de milho é dividido em nós e entrenós e varia de 10 a 25, dependendo do genótipo e das condições ambientais. Possui função estrutural (suporte para as demais frações da planta) e de reserva. Portanto, o colmo pode contribuir com 5% a 50% dos fotoassimilados na fase de enchimento de grãos do milho, variando conforme as condições ambientais, que podem alterar as relações fonte/dreno. Assim, o colmo contribui para maior suprimento de fotoassimilados (SOUZA FILHO, 2009). O crescimento do colmo ocorre pela elongação de seus internódios.

A altura do colmo é determinada pela quantidade de nós e pelo tamanho dos entrenós. Já a altura da planta de milho varia de 1,0 m (linhagens) a 4,0 m (híbridos antigos).

O diâmetro do colmo varia de 15 a 80 mm na sua base, apresentando diminuição no diâmetro à medida que se aproxima do ponto mais alto da planta.

Normalmente, a planta de milho tem apenas um colmo; porém, devido a características genéticas, de manejo e condições ambientais, pode ocorrer perfilhamento (Figura 2.6).

Digitalizado com CamScanner

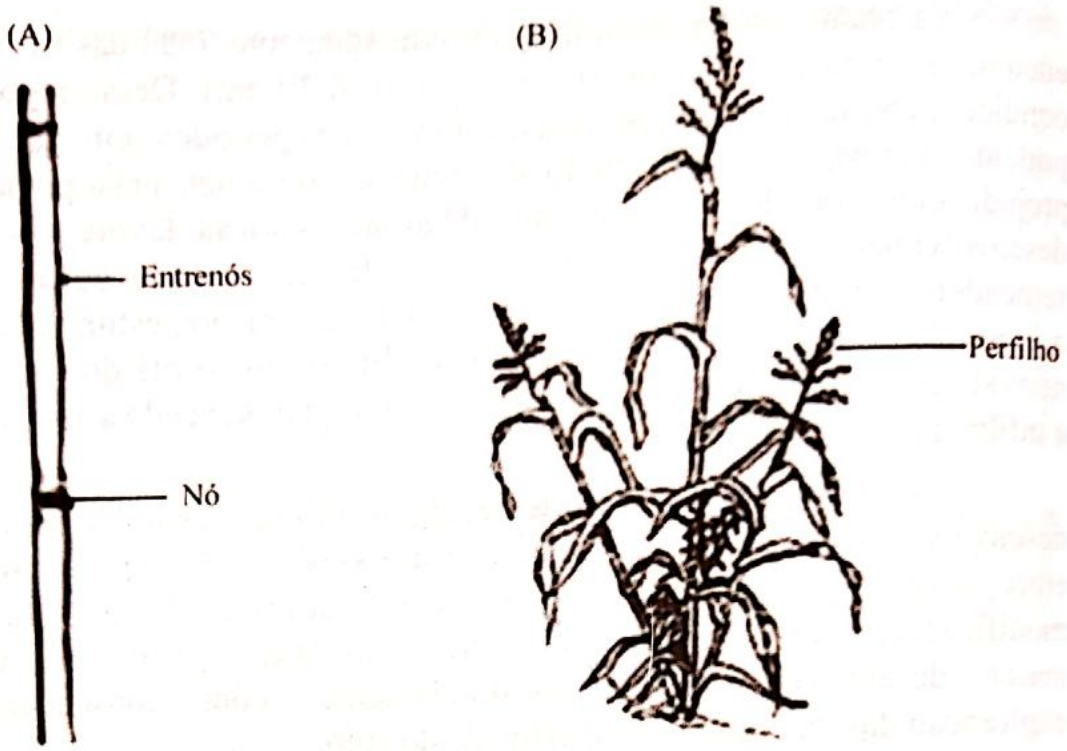


Figura 2.6 - Estruturas morfológicas do colmo (A) e desenvolvimento de perfilhos em uma planta de milho (B).

Fonte: Adaptado de MACKEAN, 2002.

A ocorrência de perfilhos em milho está relacionada a aspectos genéticos, nutricionais, ambientais e de manejo. Geralmente, são formados nos nós situados abaixo da superfície do solo. Na maioria das vezes, o desenvolvimento de perfilhos não é desejado, pois representam fonte de dreno dos fotoassimilados produzidos pela planta, prejudicando o crescimento do colmo principal. Em campos de produção de semente híbrida, os perfilhos podem constituir fonte de contaminação genética, uma vez que o florescimento é tardio.

Folhas

No milho, o número de folhas varia de 10 a 25. É a partir de cada nó que a folha emerge. As folhas são alternadas, lanceoladas, lisas e com cerosidade, geralmente posicionadas quase horizontalmente ou verticalmente em relação ao colmo. Os fatores que determinam o seu tamanho e número são influenciados pelo genótipo e pelas condições ambientais.

Digitalizado com CamScanner

A folha divide-se em bainha e lâmina ou limbo foliar. O limbo foliar é composto por nervuras ramificadas partindo de uma nervura central mais espessa, no sentido longitudional da folha. Na parte terminal da bainha e inserção do limbo foliar, encontram-se, em cada extremidade, duas estruturas plumosas chamadas de aurículas, que têm a função de permitir mobilidade lateral às folhas. Uma segunda estrutura é a lígula, que se encontra na base do limbo, pressionando-o de encontro ao colmo, e tem a função de impedir a entrada de agentes externos e evitar o excesso de evapotranspiração (Figura 2.7).

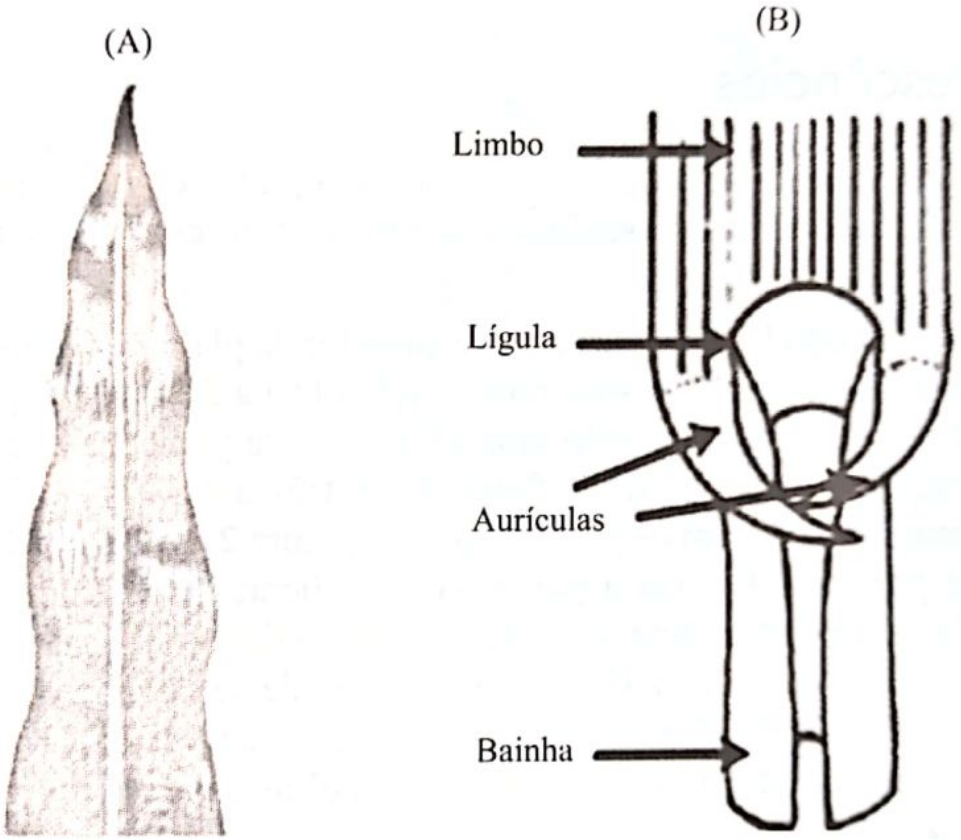


Figura 2.7 - Limbo foliar (A) e estruturas da folha da planta de milho (B).

Geralmente, as folhas são determinadas quando a planta já possui três delas (V3) completando-se no estádio de desenvolvimento vegetativo 5 (V5). A partir do estádio 12 (V12), a planta poderá perder as quatro folhas mais velhas e atingir de 85% a 95% da sua área foliar total.

A folha é considerada o principal órgão de produção de fotoassimilados na planta de milho e, portanto, é de grande importância em todas as etapas de crescimento e desenvolvimento da planta. Lima (2007), portanto, destaca a contribuição das folhas para o enchimento

Digitalizado com CamScanner

de grãos de milho, uma vez que estas estão presentes no terço superior da planta e são responsáveis por 50% dos fotoassimilados necessários para este enchimento. Assim, a senescência precoce de folhas é extremamente prejudicial para o desenvolvimento da planta de milho, refletindo negativamente na produtividade de grãos.

A última folha (folha mais alta) é chamada de folha bandeira e considerada o ponto de referência para a determinação da altura da planta.

Inflorescências

Por apresentar monoicia, uma mesma planta de milho possui o pendão (inflorescência masculina) e a espiga (inflorescência feminina) em locais diferentes.

O pendão localiza-se na parte superior da planta e é constituído por uma haste principal e suas ramificações (10 a 50 ramificações). É formado por espiguetas, sendo uma séssil e outra pedicelada; em cada espigueta, encontram-se duas flores, com três anteras por flor que, posteriormente, liberam os grãos de pólen (Figura 2.8). O grão de pólen é viável por até 24 horas a partir da sua liberação, dependendo das condições ambientais. Apesar de sua dispersão durar até duas semanas, em média é de 5 a 8 dias. O grão de pólen pode ser levado pelo vento até uma distância de 500 metros sem perder a viabilidade. Uma planta libera, em média, 2 a 5 milhões na fase de polinização.

A espiga na planta de milho, considerada um ramo lateral modificado, é composta por sabugo, grãos e palha. Ao longo do sabugo, encontram-se pares de espiguetas que irão originar os grãos. Cada óvulo possui um estilo-estigma que, em certo momento do desenvolvimento da planta, ficará visível externamente à palha, contribuindo para que ocorra a fertilização (Figura 2.8).

Digitalizado com CamScanner

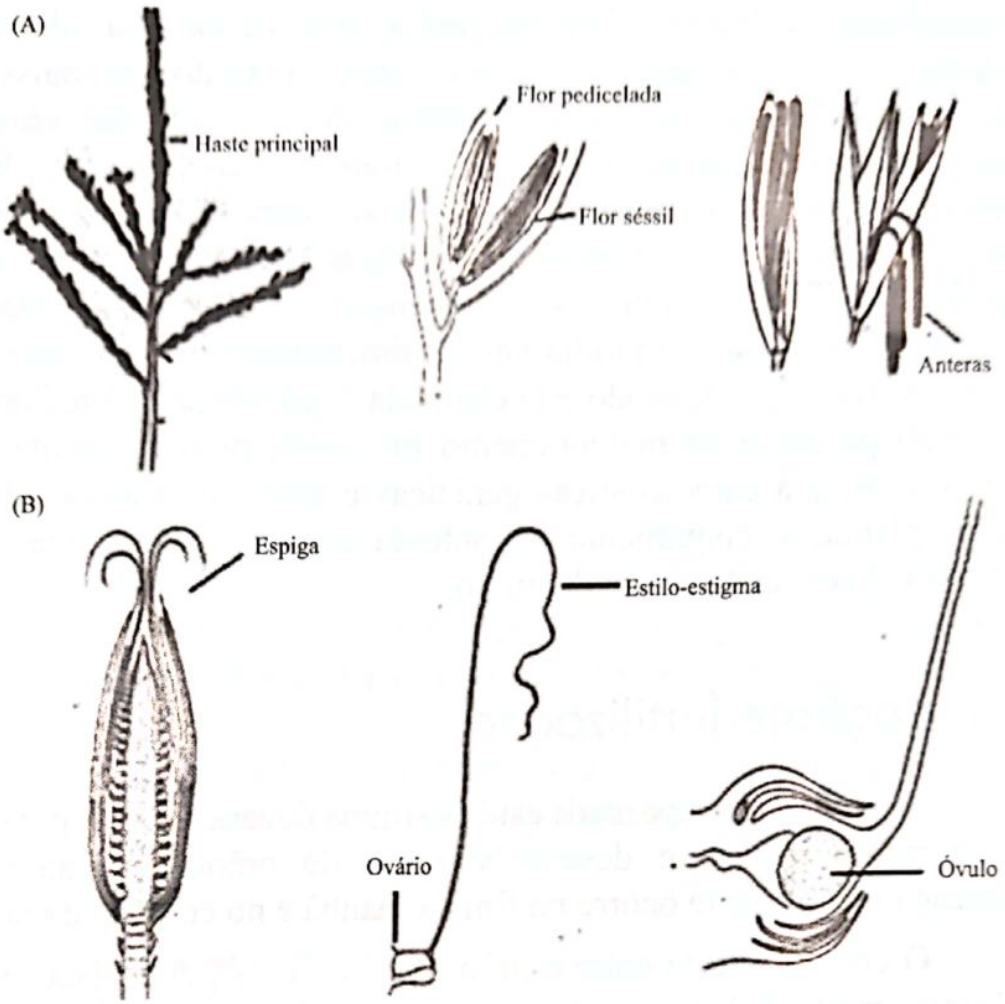


Figura 2.8 - Detalhes da inflorescência masculina (A) e da inflorescência feminina (B) da planta de milho.

Fonte: Adaptado de MACKEAN, 2002.

Os estilos-estigmas dos óvulos basais da inflorescência feminina são os primeiros a se elongar, enquanto os dos óvulos da ponta da espiga são os últimos. O número de óvulos por espiga varia entre genótipos e depende de condições ambientais favoráveis. Normalmente, uma espiga apresenta de 500 a 1.000 óvulos, mas o tempo seco nessa fase é prejudicial, porque o estilo-estigma seca rapidamente e, com isso, pode não haver umidade suficiente para permitir a germinação do tubo polínico e, consequentemente, a fecundação do óvulo.

Vale ressaltar que as inflorescências femininas (espigas potenciais) que a planta possivelmente irá produzir começam a ser determinadas em V3, completando-se em V5. Além disso, uma

Digitalizado com CamScanner

inflorescência feminina se desenvolverá a partir de cada um dos nós acima da superfície do solo, exceto os últimos seis a oito nós abaixo do pendão. Inicialmente, cada inflorescência feminina se desenvolverá mais rápido que aquelas que se originaram acima dela no colmo. Entretanto, o crescimento das inflorescências femininas de inserções mais baixas no colmo eventualmente fica mais lento e somente uma ou duas inflorescências femininas em posição superior na planta se desenvolverão em espigas produtivas. Assim, uma planta de milho pode produzir várias espigas, sendo esta chamada de planta prolífica. Porém, devido ao processo de melhoramento intensivo, principalmente nos últimos anos, e a características genéticas e ambientais associadas à própria planta, é comumente encontrada apenas uma espiga bem desenvolvida em cada planta de milho.

Polinização e fertilização

Durante esta etapa, cada estilo-estigma deverá emergir para que haja a polinização e o desenvolvimento do grão. Em campo, a polinização geralmente ocorre no fim da manhã e no começo da noite.

O contato direto entre o grão de pólen e os pelos viscosos do estilo-estigma (cabelo) estimula a germinação do grão de pólen, dando origem a uma estrutura denominada tubo polínico, que é responsável pela fecundação do óvulo inserido na espiga. Os estilos-estigmas emergem por cerca de três a cinco dias e são receptivos imediatamente após a emergência, permanecendo assim por um período de até duas semanas se as condições favoráveis forem atendidas.

A natureza protândrica do milho favorece a polinização cruzada; porém, há autofecundação. Aproximadamente 97% dos óvulos são polinizados por outras plantas (fecundação cruzada) e em apenas 3% ocorre a autofecundação.

O grão de pólen germina logo após o contato com o cabelo, e a fertilização ocorre, em média, 12 a 36 horas depois. Caso o estilo-estima não seja polinizado, ele pode continuar a elongação por um período de 10 a 14 dias, alcançando comprimento de 30 a 40 cm além da palha da espiga. Cada estilo-estigma é responsável pela fertilização de um grão na espiga; portanto, apenas os óvulos fertilizados originarão grãos.

Digitalizado com CamScanner

Os híbridos de milho, em sua maioria, florescem 55 a 75 dias após a semeadura, dependendo das condições ambientais. O florescimento da planta de milho é fundamentado no acúmulo de graus-dia (GD). O conceito de GD está relacionado com o acúmulo de temperatura acima de um valor base (10 °C para o milho). A diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura base fornece o valor diário de GD. Normalmente, genótipos mais precoces florescem abaixo de 790 GD, enquanto os mais tardios, com taxas superiores a 890 GD.

Grão

O grão de milho é do tipo cariopse e seu peso individual varia, em média, de 0,25 g a 0,3 g. É composto principalmente por amido (72%), proteínas (8 a 10%), fibras (10%) e óleo (5%) (PAES, 2006). Pode ser dividido em quatro porções distintas: pedicelo, pericarpo, embrião e endosperma, sendo essas estruturas compostas basicamente de amido, óleos e proteínas (Figura 2.9).

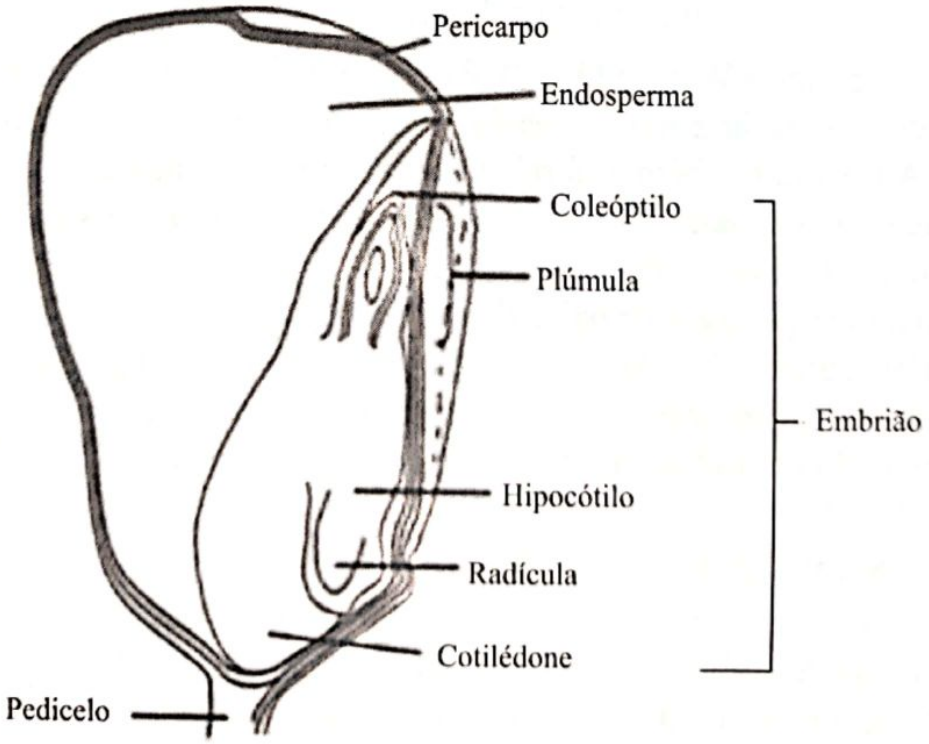


Figura 2.9 - O grão de milho e suas subdivisões.

Fonte: Adaptado de CARVALHO; NAKAGAWA, 2000.

Digitalizado com CamScanner

O pericarpo (camada externa) é derivado da parede do ovário, pode ser incolor, vermelho, marrom ou variegado e é responsável pela proteção dos elementos estruturais do grão a algumas adversidades do clima e ataque de insetos e microrganismos. A ponta do grão é a parte remanescente do tecido denominada pedicelo, que conecta o grão ao sabugo. Dentro do grão estão o endosperma e o embrião.

O embrião é composto por quatro estruturas principais (radícula, hipocótilo, plúmula, coleóptilo), que podem dar origem a uma nova planta. Representa aproximadamente 10% do grão de milho e concentra altos teores de lipídeos (83%), açúcares (70%), proteínas (26%) e minerais do grão (78%) (PAES, 2006).

O endosperma é composto por quatro estruturas. Da porção mais externa para a mais interna do endosperma estão localizados a camada de aleurona, a subaleurona, o endosperma vítreo e o endosperma farináceo. Os endospermas farináceo e vítreo correspondem a 82% do peso seco do grão, sendo mais de 70% dessa constituição relacionada ao amido (CARVALHO; NAKAGAWA, 2000).

Os grãos de milho podem ser assim classificados quanto à textura: dentado; semidentado e duro.

Segundo Watson (1988), é a quantidade de endosperma vítreo proporcional à do endosperma farináceo que determina a textura do grão. A textura também está relacionada com a continuidade da matriz proteica, com a quantidade e tamanho dos corpos proteicos e grânulos de amido. Grãos de textura farinácea possuem maior proporção de amido mole e poroso e de baixa densidade. Os grãos de milho de textura dura têm camada fina de endosperma vítreo no topo do grão e é o que mantém a superfície superior externa da semente com aspecto arredondado em todos os estádios de maturidade da planta (CORRÊA et al., 2002).

No Brasil, há predominância na oferta e utilização de híbridos com grãos de textura dura, devido à origem dos germoplasmas utilizados e aos objetivos dos programas de melhoramento de regiões tropicais, que visam à manutenção da qualidade dos grãos diante das adversidades, resultando em genótipos com endosperma mais resistente.

Digitalizado com CamScanner

Referências

BARGHINI, A. **Pesquisas**: o milho na América do Sul pré-colombiana: uma história natural. São Leopoldo, RS: Editora Unisinos, 2004. 170 p.

BENZ, B. Maize in the Americas. In: STALLER (Ed.) **Histories of maize**. New York: Academic Press, 2006. p. 9-21.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes**: ciência, tecnologia e produção. 4. ed. Jaboticabal, SP: FUNEP, 2000. 588 p.

CORRÊA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAUER, J.G.; KOHN, K. Relation between corn vitreoness and ruminal in-situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 3008-3012, 2002.

DOEBLEY, J. The genetics of maize evolution In: ANNUAL REVIEWS GENETICS. **Anais...** USA, 2004. p. 37-59.

DOEBLEY, J. Molecular evidence and the evolution of maize. **Economy Botany**, v. 44, p. 6-27, 1990.

DOEBLEY, J.; STEC, A.; WENDEL, J.; EDWARDS, M. Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F_2 population: implications for the origin of maize. **Proceedings National Academy of Sciences**, v. 87, p. 9888-9892, 1990.

ELLSTRAND, N.C.; GARNER, L.C.; HEGDE, S.; GUADAGNUOLO, R.; BLANCAS, L. Spontaneous hybridization between maize and teosinte. **Journal Heredity**, v. 98, p.183-187, 2007.

ILTIS, H.H. From teosinte to maize: the catastrophic sexual transmutation. **Science**, v. 222, p. 886-894, 1983.

KELLOGG, E.A. Plant evolution: the dominance of maize. **Current Biology**, v. 33, p. 411-413, 1997.

LIMA, T.G. **Consequências da retirada do limbo foliar em diferentes estádios reprodutivos da cultura do milho**. 2007. 69 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de lavras, Lavras, MG, 2007.

MACKEAN, D.G. **GCSE biology**. [S.l.]: Binding Press, 2002. 384 p.

MANGELSDORF, P.C. The mystery of corn: new perspectives. **Proceedings Am. Philosophy Society**, v. 127, p. 215-247, 1983.

MANGELSDORF, P.C. **Corn**: its origin, evolution and improvement. Cambridge: Belknap Press, 1974. 217 p.

MATSUOKA, Y.; VIGOUROUX, Y.; GOODMAN, M.M.; SANCHEZ, G.J.; BUCKLER, E.; DOEBLEY, J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. **Proceedings National Academy Science**, v. 99, p. 6080-6084, 2002.

McCLINTOCK, B.; YAMAKAKE, T.A.K.; BLUMENSCHEIN, A. **Chromossome constitution of de races maize**: its significance in the interpretation of relationships between races and varieties of the Americas. México: Colegio de Postgraduados, 1981. 32 p.

Digitalizado com CamScanner

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: 2006. 6 p. (Circular Técnica, 75).

PIPERNO, D.R.; FLANNERY, K.V. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, p. 2101-2103, 2001.

RANDOLPH, L.F. Contribution of wild relatives of maize to the evolutionary history of domesticated maize: a synthesis of divergent hypotheses I. **Economy Botany**, v. 30, p. 321-345, 1976.

RANDOLPH, L.F. Variation among *Tripsacum* populations of Mexico and Guatemala. **Brittonia**, v. 22, p. 305-337, 1970.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 20 p. (Special Reports).

SMITH, C.W.; JAVIER BETRAN, E.C.; RUNGE, A. **Corn**: origin, history, technology and production. Hoboken, NJ: J. Wiley, 2004. 949 p.

SOUZA FILHO, A.X. **Avaliação dos componentes da planta e da forragem de híbridos de milho colhidos em diferentes estádios fenológicos**. 2009. 96 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.

Van HEERWAARDEN, J.; DOEBLEY, J.; BRIGGS, W.H.; GLAUBITZ, J.C.; GOODMAN, M.M.; GONZALEZ, J.J.S.; IBARRA, J.R. Genetic signals of origin, spread, and introgression in a large sample of maize landraces. **Proceedings National Academy of Sciences**, v. 108, p.1088-1092, 2011.

WATSON, S.A. Corn marketing, processing, and utilization. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (Ed.). **Corn and corn improvement**. [S.l.]: ASA, 1988. p. 881-940.

WEATHERMAX, P. **Indian corn in old America**. New York: Macmillian, 1954. 56 p.

WEELHAUSEN, E.J.; ROBERTS, L.M.; XOLOCOTZI, E.H. Races of maize in Mexico. **Proceedings National Academy of Sciences**, v. 3, p. 345-371, 1952. (in collaboration with Mangelsdorf, P.C.).

WILKES, G. **Teosinte**: the closest relative of maize. Cambridge: Bussey Institute, 1967. 64 p.

WRIGHT, S.; VROH, I.; SHOROEDER, S.; YAMASAKI, M.; DOEBLEY, J.; MCMULLEN, M.; GAUT, B. The effects of artificial selection on the maize genome. **Science**, v. 308, p.1310-1314, 2005.

Digitalizado com CamScanner

ECOFISIOLOGIA, FENOLOGIA E IMPLICAÇÕES BÁSICAS DE MANEJO

3

Antonio Luiz Fancelli[1]

O milho (*Zea mays* L.) tem relevante papel socioeconômico, devido ao seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, aliado à sua multiplicidade de uso e aplicações, quer na alimentação humana, quer na alimentação animal; bem como se constitui em indispensável matéria-prima impulsionadora de diversificados complexos agroindustriais.

O referido cereal, comparativamente a outras espécies cultivadas, tem evidenciado avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agronômico, bem como naquelas concernentes à Ecologia e Etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações com o ambiente e o homem. Tais interações são fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta, quando submetida a estímulos e ações negativas advindas da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo.

É premente, portanto, a ampliação do conhecimento acerca da planta de milho e do ambiente de produção, aliado à avaliação presente e futura do cenário agrícola, com o objetivo de estabelecer sistemas de produção eficientes e racionais, visando à obtenção de resultados satisfatórios quanto à produtividade, qualidade do produto, lucros satisfatórios e sustentabilidade da atividade.

[1] Engenheiro-Agrônomo. M.S., D.S. e Professor da Esalq/USP. E-mail: fancelli@usp.br

Digitalizado com CamScanner

Exigências climáticas e ecofisiologia

O milho, por ser planta de origem tropical, exige, durante o seu ciclo vegetativo, calor e água para se desenvolver e produzir satisfatoriamente, proporcionando assim rendimentos compensadores.

Os processos de fotossíntese, respiração, transpiração e evaporação são funções diretas da energia disponível no ambiente, comumente designada por calor; ao passo que o crescimento, desenvolvimento e translocação de fotoassimilados encontram-se ligados à disponibilidade hídrica do solo, sendo seus efeitos mais pronunciados em condições de altas temperaturas, em que a taxa de evapotranspiração é elevada.

Há muitos séculos, o milho vem sendo utilizado como alimento e, em decorrência de sua extrema importância, o homem tem procurado estender os limites geográficos da sua produção.

Atualmente, a referida espécie, mediante a seleção orientada de genótipos e o aprimoramento de métodos de manejo, vem sendo cultivada em regiões compreendidas entre 58° de latitude Norte (Canadá e Rússia) e 42° de latitude Sul (Argentina), distribuídas nas mais diversas altitudes, estabelecendo-se desde localidades situadas abaixo do nível do mar (Região do Mar Cáspio) até regiões com mais de 2.500 m de altitude, nos Andes Peruanos.

Independentemente da tecnologia aplicada, o período de tempo e as condições climáticas a que a cultura é submetida constituem fatores preponderantes de produção. Entre os elementos de clima conhecidos para se avaliar a viabilidade e a estação de implantação das mais diversas atividades agrícolas, a temperatura e a precipitação pluvial (chuva) são os mais estudados. Assim, algumas condições ideais de caráter genérico para o desenvolvimento desse cereal podem ser apontadas, quais sejam:

a) Por ocasião da semeadura, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 15 °C (ideal: superior a 18 °C) aliada à umidade próxima à capacidade de campo, possibilitando o desencadeamento normal dos processos de germinação e emergência.

Digitalizado com CamScanner

b) Durante sua etapa vegetativa, a temperatura do ar deverá oscilar entre 25 °C e 30 °C e encontrar-se associada à adequada disponibilidade de água no solo, além de abundância de luz.

c) Temperatura e luminosidade favoráveis, elevada disponibilidade de água no solo e umidade relativa do ar superior a 70% são requerimentos básicos durante a floração e enchimento dos grãos.

d) Deverá ocorrer período predominantemente seco por ocasião da maturidade fisiológica e da colheita.

Temperatura

Inúmeras evidências experimentais apontam que a temperatura constitui um dos fatores de produção mais importantess e decisivo para o desenvolvimento do milho, embora a água e demais componentes climáticos exerçam diretamente sua influência no processo (TOLLENNAR et al., 1979; ANDRADE, 1992). Regiões cujo verão apresenta temperatura média diária inferior a 19 °C e noites com temperaturas médias abaixo de 12,8 °C não são recomendadas para a referida espécie.

Temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 42 °C prejudicam sensivelmente a germinação das sementes, ao passo que aquelas situadas entre 25 °C e 30 °C propiciam melhores condições para o desencadeamento do referido processo.

Assim, o plantio do milho não deve ser realizado quando a temperatura do solo for inferior a 15 °C, principalmente se estiver aliada à elevada umidade, pois tal combinação implicará aumento da taxa de plântulas anormais. Ainda, baixa temperatura e solo úmido na etapa de embebição ou reidratação das sementes poderá reduzir a germinação e emergência, devido à desestruturação de membranas e alterações na síntese e ação de enzimas.

Contudo, em locais frios (regiões ou locais com latitude e, ou, altitude elevadas), se houver necessidade de semear o milho com solo apresentando temperatura inferior a 18 °C, Fancelli (2013) recomenda as seguintes medidas: (i) reforçar o tratamento de sementes, valendo-se para tanto de fungicidas específicos de ação comprovada; (ii) não fazer a semeadura profunda (profundidade máxima = 3 cm); (iii)

Digitalizado com CamScanner

utilizar sementes íntegras (sem fissuras ou danificações mecânicas) e vigorosas (valor satisfatório no teste de frio); e (iv) usar qualquer tipo de estrutura ativa ou passiva acoplada à semeadora, possibilitando a retirada da palha de cima do sulco de semeadura (faixa de 2 a 4 cm de largura). Esta última providência objetiva favorecer o aquecimento do local de deposição das sementes (sulco), para propiciar a aceleração do processo de germinação e emergência, resultando em menores taxas de perdas de estande inicial.

Temperaturas médias diárias superiores a 26 °C podem acelerar o florescimento e enchimento de grãos, da mesma forma que temperaturas inferiores a 15,5 °C podem retardá-las, significativamente. Dados experimentais relatam que cada grau de temperatura média diária superior a 21,1 °C, nos primeiros 60 dias após a semeadura, pode acelerar a etapa de florescimento em dois a três dias (BERGER, 1962). Ainda, o rendimento do milho e a composição proteica de seus grãos podem ser alterados sob temperaturas superiores a 35 °C, durante o período de enchimento de grãos. Tais efeitos estão relacionados à diminuição da atividade da nitrato-redutase, acarretando, consequentemente, interferência no processo de assimilação do nitrogênio pela planta. Temperaturas elevadas prevalecentes no período noturno (superior a 24 °C) provocam consumo energético elevado, em virtude do incremento da respiração celular, ocasionando menor saldo de fotoassimilados, além de contribuir para a redução do ciclo da planta (ampliação da soma térmica), bem como de sua área foliar, resultando na queda da produtividade. Do mesmo modo, temperaturas acima de 32 °C reduzem, sensivelmente, a germinação e a viabilidade do grão de pólen.

A maioria dos genótipos atuais não se desenvolve em temperaturas inferiores a 10 °C, que é considerada a temperatura basal para a espécie. Todavia, segundo alguns trabalhos de pesquisa, a temperatura basal para genótipos de ciclo tardio pode ser maior que aqueles correspondentes aos de ciclo precoce (BERLATO; SUTILI, 1976).

O milho, em razão de suas etapas de desenvolvimento, necessita acumular quantidades distintas de energia térmica ou calor, que são designadas unidades calóricas (UC), unidades térmicas de desenvolvimento (UTD) ou graus-dia (GD).

Digitalizado com CamScanner

Graus-dia, segundo Villa Nova et al. (1972), é definido como a diferença entre a temperatura média diária e a temperatura mínima ou temperatura basal exigida por uma espécie, cuja expressão matemática básica empregada para cálculo é:

$$\mathbf{GD = [(T\ ^{o}C\ máxima + T\ ^{o}C\ mínima) - T\ ^{o}C\ basal].\ 2^{-1}}$$

em que: T°C máxima < 35 °C; T °C mínima > 10 °C e T °C basal = 8 a 10 °C.

Radiação solar

A energia solar que atinge a Terra é constituída por um conjunto de radiações cujos comprimentos de onda variam, aproximadamente, de forma contínua, desde 0,2 a 4 micra. O referido conjunto de radiações é denominado espectro solar, e a radiação fotossinteticamente ativa é aquela que induz resposta no processo da fotossíntese, sendo geralmente relacionada aos limites de 0,4 a 0,7 micron.

As radiações de valor fisiológico, presentes no espectro usado na fotossíntese, são absorvidas, primariamente, pela clorofila e, em seguida, utilizadas na transformação de CO_2 em carboidratos. O pigmento primário, a **clorofila A**, é um composto de cadeia tetrapirrólica unida ao íon magnésio, a qual encontra-se concentrada nos *grana* dos cloroplastos. A **clorofila B** (pigmento acessório) possui estrutura semelhante, porém seu teor em relação à clorofila A corresponde a 1/3, na maioria dos vegetais.

Com relação à luz, a cultura do milho responde com altos rendimentos a crescentes intensidades luminosas, em virtude de pertencer ao grupo de plantas "C_4", o que lhe confere alta produtividade biológica.

Originalmente, o milho é uma planta de dias curtos, embora os limites dessas horas de luz não sejam idênticos nem bem definidos para os diferentes tipos de genótipo. A ocorrência de dias longos pode aumentar sua fase vegetativa e o número de folhas, ocasionando atraso no florescimento (FERRAZ, 1966).

Segundo alguns autores, o milho apresenta resposta ao fotoperíodo quando cultivado em latitudes superiores a 33°. No Brasil,

Digitalizado com CamScanner

por essa razão, a referida espécie tem comportamento fotoneutro, visto que o alongamento ou o encurtamento da fase vegetativa resulta da disponibilidade de calor (soma térmica) e não do número de horas de luz (ou de escuro) a que a planta estiver submetida.

Todavia, a redução de 30% a 40% da intensidade luminosa na cultura do milho atrasa a maturação dos grãos, principalmente em materiais genéticos de ciclo tardio, que são mais sensíveis à deficiência de luz. A maior sensibilidade à variação de luminosidade é verificada no período próximo à fase reprodutiva, ou seja, naquele correspondente à emissão da 12/14ª folha até grãos leitosos. Nessa fase, a redução da disponibilidade de radiação luminosa diminui drasticamente o número e a densidade dos grãos (massa específica).

A disponibilidade de luz para a cultura pode também ser reduzida pela presença de estruturas não fotossintetizadoras, como as panículas do milho que, segundo Duncan et al. (1967), podem interceptar até 9% da radiação luminosa em lavouras de 50.000 plantas/ha.

O aproveitamento efetivo da luz pelo milho é decisivamente influenciado pela distribuição espacial das plantas na área, pelo arranjamento das folhas na planta e pela extensão (ou duração) da Área Foliar. Evidências experimentais têm demonstrado que, quando o Índice de área foliar (IAF) é baixo, plantas com arquitetura foliar horizontal são mais eficientes no acúmulo de matéria seca. Em contrapartida, aquelas com folhas mais eretas podem contribuir significativamente para o incremento da produtividade biológica, em razão do aumento da área foliar por unidade de terreno (MAGALHÃES; SILVA, 1978). Ainda, o aproveitamento efetivo do espectro solar pode ser incrementado pela melhor distribuição espacial de plantas na área, mediante combinações adequadas entre o espaçamento entrelinhas e o número de plantas na linha, não excedendo a população de 85.000 plantas/ha (FANCELLI, 1989).

Vento

A incidência de vento em lavouras de milho pode aumentar a demanda de água pela planta, tornando-a mais suscetível aos períodos curtos de estiagem, além de favorecer o acamamento da cultura. Da

Digitalizado com CamScanner

mesma forma, ventos frios ou quentes podem causar falhas na polinização, constituindo-se, frequentemente, em importante fator limitante na produção de milho de algumas regiões (ARNON, 1975).

Plantas de milho com 4 a 10 folhas, quando submetidas a ventos, podem ser significativamente prejudicadas quanto ao crescimento e desenvolvimento. A evidência de folhas enroladas (ação das células buliformes) ou com bordas esbranquiçadas e secas pode ser atribuída à incidência de ventos constantes. Ainda, plantas cultivadas em solos arenosos ou excessivamente revolvidos e sem cobertura morta geralmente sofrem o efeito abrasivo de partículas deslocadas pela ação do vento, ocasionando deformações ou lesões significativas nas folhas que, eventualmente, podem ser confundidas com ataque de pragas ou incidência de patógenos.

Água

A água é um dos mais importantes elementos de seleção do tipo de vegetação que se desenvolve em uma região. Dessa forma, a necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais decorre das múltiplas funções que ela desempenha na fisiologia das plantas, pois praticamente todos os processos metabólicos são por ela influenciados.

No caso do milho, as maiores exigências em água se concentram nas fases de emergência, florescimento e formação do grão. Todavia, no período compreendido entre 15 dias antes *(emborrachamento)* e 15 dias depois do aparecimento da inflorescência masculina *(grãos leitosos),* o requerimento de suprimento hídrico satisfatório, aliado a temperaturas adequadas, torna tal período extremamente crítico. Portanto, a mencionada etapa deve ser criteriosamente planejada, com o intuito de assegurar sua coincidência com o período estacional que apresente temperaturas favoráveis (25 °C a 30 °C) e chuvas frequentes.

A cultura do milho exige 400-600 mm de precipitação para que produza a contento, sem a necessidade da prática de irrigação. A falta de água, além de reduzir o vigor vegetativo (taxa de crescimento) na altura e na área foliar da planta, está associada à interferência nos

Digitalizado com CamScanner

processos de síntese de proteína e RNA, na fisiologia do florescimento e no enchimento de grãos.

Condições de estresse representadas pelo défice hídrico, além de nebulosidade prolongada, deficiências nutricionais e elevada população de plantas, afetam o sincronismo pendão-espiga, com consequente redução do número final de grãos por espiga, principalmente provocando o retardamento da emissão dos estilos-estigma (TOLLENAAR; DAYNARD, 1977). Assim, pode-se inferir que, para regiões de comportamento climático muito variável, o emprego de genótipos protogínicos *(aparecimento dos estilos-estigma anterior à emissão de pólen),* poderá contribuir para a melhoria do desempenho produtivo de plantas de milho.

Para alguns autores, a ocorrência de estresses hídricos moderados, no início do desenvolvimento da cultura, pode contribuir para o estímulo de maior desenvolvimento radicular das plantas, desde que o solo abaixo de 15 cm da superfície esteja abastecido com água disponível. Períodos de deficiência hídrica de uma semana, por ocasião do pendoamento, podem provocar queda de produção em torno de 50%, ao passo que, sob as mesmas condições, deficiência hídrica posterior à fecundação acarretará danos da ordem de 25-32%.

O consumo de água do milho, em condições normais, raramente excede 3,0 mm/dia, enquanto a planta apresentar até 7-8 folhas. Todavia, durante o período compreendido entre o florescimento e grãos farináceos, o consumo pode-se elevar para 5,0 a 7,5 mm diários. Outras observações experimentais referentes a essa cultura evidenciam índices diários de consumo de água próximos a 10 mm, quando as plantas encontram-se submetidas a condições de intenso calor e baixa umidade relativa do ar (DAKER, 1970). Assim, para fins de planejamento e manejo, recomenda-se considerar 4,5 mm/dia como o consumo médio diário de água do milho, independentemente do estádio fenológico.

Cumpre também ressaltar que a quantidade de água disponível para a cultura encontra-se na dependência da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água do solo e da densidade radicular da planta. Assim, o manejo racional do solo e da cultura é de suma importância para o crescimento e distribuição do sistema radicular, favorecendo o aproveitamento eficiente da água.

Digitalizado com CamScanner

Entretanto, para estimar o fator água no clima de uma região, não bastam as informações de precipitação pluvial, é indispensável considerar as perdas hídricas através da evapotranspiração.

A evapotranspiração pode ser caracterizada como potencial e real. A primeira considera a perda natural da água para a atmosfera, de um solo inteiramente vegetado, sem restrições de umidade; ao passo que a segunda diz respeito à quantidade real de água que retorna à atmosfera, conforme o estado de umidade do solo.

O cálculo da evapotranspiração potencial pelo método de Thornthwaite (1948) baseia-se em dados de temperatura média e da latitude do lugar, valendo-se para tanto de monogramas e tabelas apropriadas.

Assim, o balanço entre esses processos meteorológicos opostos – a precipitação e a evapotranspiração – denominado Balanço Hídrico, pode indicar, de forma mais consistente, a disponibilidade hídrica de uma região no decorrer do ano. Sua avaliação contribuirá, efetivamente, para o planejamento da cultura, além de propiciar o fornecimento de valiosas informações concernentes à prática da irrigação.

Fenologia e fisiologia da produção

O milho é uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias. Contudo, em nossas condições, a cultura do milho apresenta ciclo variável entre 110 e 160 dias, em virtude da caracterização dos genótipos (superprecoce, precoce e tardio), período este compreendido entre a semeadura e o ponto de maturidade fisiológica.

De forma geral, o ciclo da cultura compreende as seguintes etapas de desenvolvimento:

a) Germinação e emergência: período compreendido entre a semeadura e o efetivo aparecimento da plântula, o qual, devido à temperatura e umidade do solo, pode se estender por 5 a 12 dias.

Digitalizado com CamScanner

b) Crescimento vegetativo: período entre a emissão da primeira folha verdadeira e o início do florescimento. Tal etapa apresenta extensões variáveis, sendo este fato comumente empregado para caracterizar os tipos de genótipo (variedades e híbridos) de milho quanto ao comprimento do ciclo.

c) Florescimento: período compreendido entre a abertura da flor masculina (pendão) e a plena fecundação (início da formação do grão), cuja duração raramente ultrapassa 10 dias.

d) Frutificação: desde a fecundação até enchimento completo dos grãos, sendo sua duração estimada entre 40 e 65 dias.

e) Maturidade: período entre o final da frutificação e o aparecimento da camada de abscisão ou "ponto preto", sendo este relativamente curto e indicativo do final do ciclo de vida da planta.

Fenologia

Infelizmente, apesar do conhecimento acumulado e das informações disponíveis concernentes ao crescimento e desenvolvimento da espécie *Zea mays* L. (milho), o produtor e mesmo os técnicos ainda têm insistido em utilizar recomendações de manejo baseadas em simples escala de tempo, representada pelo número de dias transcorridos após semeadura, emergência, florescimento ou outros eventos relacionados à cultura. Tal procedimento, com certeza, tem contribuído para a redução da eficiência no uso de insumos e defensivos, bem como ocasionado equívocos na preservação de etapas importantes de definição de produção e do rendimento da planta.

Nesse contexto, objetivando o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnificada e científica, é imprescindível o emprego de conhecimentos alusivos à *Fenologia*.

Fenologia é o estudo dos eventos periódicos da vida da planta quanto à sua duração e sincronismo, de acordo com a reação às condições de ambiente, para permitir o estabelecimento de correlações entre os eventos fisiológicos da vida vegetal com características morfológicas apresentadas pela planta no momento da avaliação.

Assim, uma escala baseada nas mudanças morfológicas da planta e nos eventos fisiológicos que se sucedem no ciclo de vida do

Digitalizado com CamScanner

milho oferece maior segurança e precisão nas ações de manejo e também de pesquisa.

Portanto, para maior facilidade de manejo e estudo, bem como objetivando estabelecer correlações dos elementos fisiológicos, climatológicos, fitogenéticos, entomológicos, fitopatológicos e fitotécnicos com o desenvolvimento da planta, o ciclo da cultura do milho foi dividido em 11 estádios distintos de desenvolvimento, de acordo com a escala proposta por Fancelli (1986 adaptada de NEL; SMIT, 1978; HANAWAY, 1982).

Na escala mencionada, os estádios de crescimento e desenvolvimento anteriores ao aparecimento dos pendões são identificados mediante a avaliação do número de folhas plenamente expandidas ou desdobradas. Para essa avaliação, a folha de milho pode ser considerada desdobrada ou aberta quando for plenamente visível o elo bainha-limbo (colar). Todavia, a folha seminal não deverá ser computada na contagem, a qual distingue-se das folhas verdadeiras do milho por apresentar extremidade arredondada. Para os estádios posteriores à emissão da espiga, a identificação deverá ser realizada na porção mediana da espiga com base no desenvolvimento e na consistência dos grãos (KINIRY; BONHOMME, 1991).

A descrição dos estádios fenológicos (Figura 3.1), eventuais recomendações para manejo, bem como aspectos fisiológicos importantes da cultura serão apresentados a seguir.

Digitalizado com CamScanner

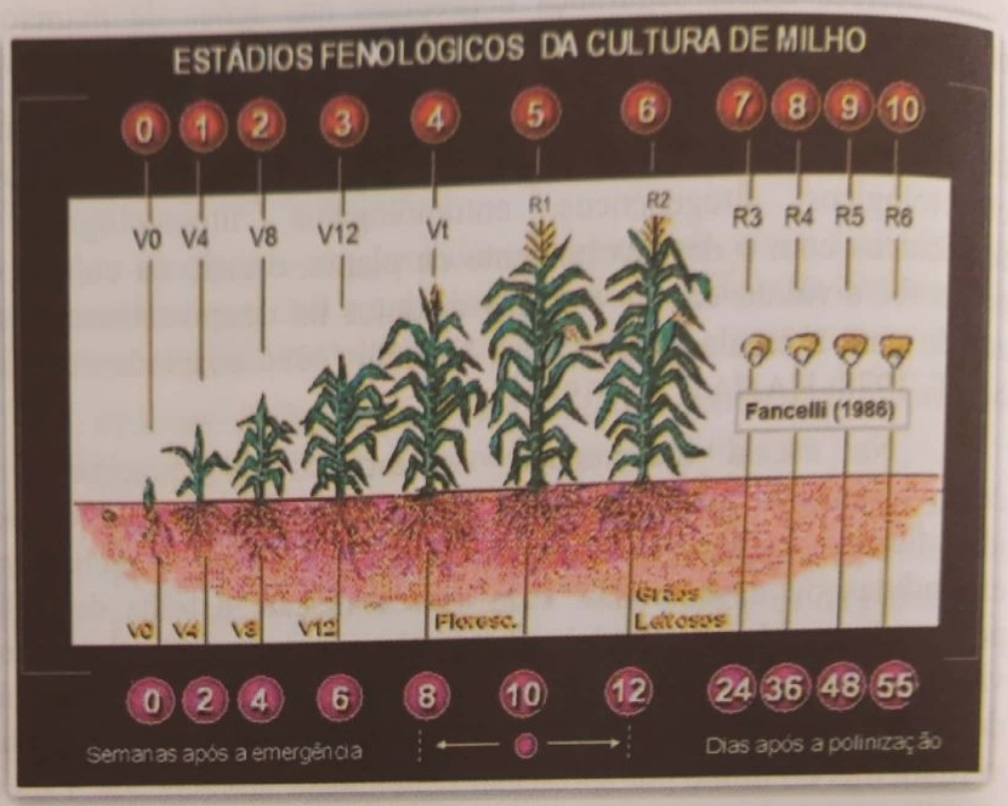


Figura 3.1 - Ciclo de cultura: estádios de desenvolvimento.
Fonte: FANCELLI, 1986 adaptado de NEL; SMIT, 1978 e HANAWAY, 1982.

Estádio V0 ou 0 (germinação/emergência)

A ocorrência de temperatura e umidade favoráveis propicia o desencadeamento do processo germinativo, redundando na emissão das estruturas embriônicas contidas na semente e dando início ao crescimento da planta jovem.

A radícula, primeira estrutura a salientar-se nessa etapa, está representada pela raiz primária que se alonga rapidamente, seguida das duas raízes seminais nodais, emitidas a partir do nó cotiledonar. A plúmula, apresentando duas folhas rudimentares, emerge em direção oposta à radícula, que é sustentada pelo coleóptilo, constituindo a estrutura responsável pela condução da parte aérea à superfície do solo. Convém salientar que as raízes seminais têm duração efêmera (apenas 8 a 12 dias), intensa pilosidade e baixa taxa de ramificação, pois sua função está relacionada à absorção de água e oxigênio, objetivando a ativação enzimática e a digestão das substâncias de

Digitalizado com CamScanner

reservas contidas na semente. As raízes verdadeiras do milho, conhecidas como raízes adventícias, provenientes das gemas presentes na base dos nós subterrâneos, surgirão 7 a 15 dias após o início da germinação.

No caso do milho, a germinação ocorrerá em duas semanas, quando as sementes forem submetidas a 10,5 °C; em quatro dias a 15,5 °C; e em três dias a 18 °C. De acordo com Wilsie (1962), nessa espécie não se nota nenhum fator inibitório do processo, uma vez que, sob condições ótimas de umidade, as sementes podem germinar imediatamente após a maturidade, mesmo ainda presas à espiga. A germinação lenta predispõe a semente e a plântula à menor resistência a condições ambientais adversas, bem como ao ataque de patógenos, principalmente relacionados aos fungos do gênero *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* e *Macrophomina.*

A maior influência na duração dessa etapa está relacionada à profundidade de semeadura. Alguns autores relatam que, em virtude do tamanho avantajado do endosperma e do embrião do milho, as plântulas provenientes de semeaduras profundas conseguem emergir, porém tardiamente, e sua menor taxa de crescimento pode ser diminuída pela ocorrência de temperaturas mais baixas e menor disponibilidade de oxigênio naquelas condições.

O milho, como a maioria das gramíneas (poáceas) na emergência de suas plântulas, mantém sua semente sob a superfície do solo, caracterizando a natureza hipógea de seu processo germinativo.

O processo de germinação das sementes é desencadeado pela embebição (reidratação) e absorção de oxigênio, devido a diferenças de potencial osmótico entre a semente e o ambiente.

O teor de água suficiente para elevar o potencial de água interno da semente a 1,0 Mpa (1 *mega pascal*), que corresponde a, aproximadamente, 30-40% de sua massa, é suficiente para ativar o mecanismo de germinação. A absorção de água processa-se de forma passiva por, aproximadamente, 20-24 horas, quando a semente atinge teor de água em torno de 25-30%. Após esse período, a água é absorvida de forma ativa, devido à fase de multiplicação celular e de digestão de substâncias. Somente durante a primeira fase de absorção de água é que o processo poderá ser interrompido, voltando a ser

Digitalizado com CamScanner

restabelecido assim que o suprimento for normalizado, sem maiores consequências para a germinação.

Em condições favoráveis, a emergência das plântulas de milho ocorrerá entre 6 e 10 dias após a semeadura. Resultados experimentais relatam que o tempo destinado à emergência pode atingir período aproximado de até 28 dias, sem a ocorrência de maiores prejuízos à planta e ao seu potencial produtivo, desde que o solo encontre-se suficientemente seco, de forma a evitar a proliferação de fungos, bem como a absorção de água em taxa significativa pela semente.

Uma semana após a emergência, aproximadamente, a plântula apresenta-se com uma a duas folhas totalmente expandidas, encontrando-se a partir dessa fase apta a iniciar o processo fotossintético. Nessa etapa, é bastante saliente um grupo de raízes elongadas, presas ao primeiro nó do caulículo, ainda não portadoras de ramificações.

Estádio V4 ou 1 (planta com quatro folhas totalmente desdobradas)

O estádio V4, normalmente, coincide com 12 a 20 dias após a emergência da planta, ocorrendo nesse período a preparação para o início da diferenciação do meristema apical, cujas estruturas ainda se encontram localizadas abaixo da superfície do solo.

O sistema radicular, em desenvolvimento, já evidencia considerável taxa de ramificações diferenciadas, o que indica que, em períodos posteriores a este estádio, operações inadequadas de cultivo e muito próximas às plantas poderão afetar a integridade e distribuição de raízes.

O crescimento em extensão das raízes é decisivamente influenciado pelo suprimento de carboidratos sintetizados e acumulados na parte aérea, nessa etapa. A diminuição dessa disponibilidade e a dificuldade de translocação de açúcares contribuirão para diminuir o volume de solo a ser explorado pela planta.

Para Kramer (1974) e Fancelli (2013), apesar das características adaptativas, anatômicas e funcionais observadas na

Digitalizado com CamScanner

parte aérea da planta, a profundidade e o tipo de ramificação das raízes são fatores preponderantes do grau de tolerância das plantas cultivadas à seca.

O desenvolvimento do sistema radicular está associado àquele da parte aérea. Assim, o valor da relação parte aérea/raízes (PA/R) varia de acordo com as condições do meio e do estádio fenológico da planta. A elevada disponibilidade de nitrogênio determina aumento de PA/R, enquanto o estresse hídrico induz a redução do valor PA/R (LOOMIS; WILLIAMS, 1963).

Neste estádio (V4), os efeitos de baixa temperatura causados por geadas ou mesmo pela ocorrência de granizo resultam pequena redução na produção, em virtude de não ocasionarem prejuízos aos tecidos meristemáticos, bem como aos demais órgãos diferenciados que, nesse período, encontram-se protegidos abaixo da superfície do solo.

Também nessa etapa tem início o processo de diferenciação floral, o qual origina os primórdios da panícula e da espiga e começa a definir o potencial produtivo da espécie.

Estádio V8 ou 2 (planta apresentando oito folhas)

Este estádio coincide, normalmente, com o período compreendido entre 30 e 35 dias da emergência, sendo caracterizado pelo crescimento do colmo em diâmetro e comprimento; pela aceleração do processo de formação da inflorescência masculina e pelo início da confirmação do número de fileiras da espiga, além da presença de oito folhas desdobradas, que indica este estádio.

Para o milho, o colmo não somente atua como suporte de folhas e inflorescências, mas principalmente como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis (excedentes de fotoassimilados) que serão utilizados posteriormente na formação dos grãos.

Estresse hídrico nessa etapa pode afetar o comprimento dos internódios pela inibição da elongação das células em desenvolvimento, contribuindo, dessa forma, para a diminuição da

Digitalizado com CamScanner

capacidade de armazenagem de fotossintetizados no colmo e da altura da planta.

Evidências experimentais demonstram que a destruição total das folhas expostas nessa etapa, mediante a ocorrência de granizo, geada, ataque severo de pragas desfolhadoras e doenças, além de outros agentes, acarretará quedas na produção da ordem de 10% a 25%.

Aproximadamente cinco a seis semanas após a emergência, de forma geral, incrementa-se a taxa de desenvolvimento das espigas entre o sexto e nono nós acima da superfície do solo, coincidindo com acentuada taxa de absorção de nutrientes pela planta, notadamente potássio (K) e nitrogênio (N).

Estádio V12 ou 3 (plantas com 12 folhas)

O estádio V12 relaciona-se, frequentemente, à sexta/sétima semana após a emergência, sendo caracterizado pela presença de 85% - 90% da área foliar definida (IAF crítico). Ainda nesse período, além da elevada taxa de crescimento do colmo, pendão e espiga superior, pode ocorrer a perda de três a quatro folhas mais velhas, bem como o início do aparecimento das raízes adventícias aéreas (esporões), a partir dos nós imediatamente acima da superfície do solo.

Neste estádio, a distribuição das chuvas, a disponibilidade de nutrientes e a duração do intervalo compreendido entre o estádio V12 e R1 (florescimento) constituem fatores decisivos na definição da produção e rendimento da cultura, principalmente quanto ao tamanho e número de espigas.

Sete a oito semanas após a emergência, normalmente, o pendão atinge o seu desenvolvimento máximo, ao mesmo tempo em que se inicia o crescimento dos estilos-estigma, comumente conhecidos como "cabelos" do milho que, mais tarde, propiciarão a fecundação dos óvulos pelos grãos de pólen. Como o número potencial de grãos (fileiras de grãos e grãos por fileiras) é confirmado neste período (estádio 3 ao 5), a ocorrência de deficiências nutricionais, baixa disponibilidade hídrica, anormalidades climáticas (p. ex. granizo) ou incidência de pragas e doenças podem comprometer significativamente a produção.

Digitalizado com CamScanner

Estádio Vt ou 4 (aparecimento do pendão)

Esta etapa de desenvolvimento da planta, que normalmente coincide com a oitava e a nona semana após a emergência, caracteriza-se pelo aparecimento parcial do pendão ou "flecha" e pelo crescimento acentuado dos estilos-estigma.

Resultados experimentais demonstram que, neste período, a produção de grãos pode ser drasticamente afetada, de acordo com a taxa de desfolha a que a planta for submetida. Assim, a perda de cinco/seis folhas superiores de plantas de milho, próximo ao florescimento (antes ou após), resulta na queda acentuada de rendimento da cultura, principalmente pela redução do número, tamanho e peso (densidade) total de grãos (FANCELLI, 1988). Da mesma forma, em ensaios de campo relativos à avaliação de desempenho de híbridos e linhagens, Cantrell e Geadelmann (1981) observaram redução na produção de grãos da ordem de 9,2%, ao remover o pendão acompanhado de duas folhas superiores. Ainda, temperaturas elevadas, escassez de água, baixa luminosidade e deficiências nutricionais (N, K e B) podem antecipar demasiadamente a emissão do pendão, bem como a formação e maturação do grão do pólen, antes mesmo que a espiga se encontre estruturalmente e fisiologicamente apta para desenvolver as suas funções. Nota-se que a emissão da inflorescência masculina sempre antecede de 2 a 4 dias a exposição dos estilos-estigma.

Estádio R1 ou 5 (florescimento e polinização)

Durante a nona e a décima semana, aproximadamente, após a emergência das plantas, inicia-se, normalmente, o florescimento, cessando as elongações do colmo e internódios. Nesse estádio, as espigas expõem seus estilos-estigma, que continuam a crescer até que sejam polinizados, dando sequência ao processo de fecundação do óvulo.

O "cabelo" do milho surge na ponta da espiga aproximadamente 3 a 5 dias após a emissão do pendão, sendo receptivos imediatamente após a sua emissão, podendo assim permanecer por até 14 dias. Nesse período, é necessário que sejam

Digitalizado com CamScanner

mantidas as condições favoráveis à sua viabilidade (temperatura entre 16 °C e 35 °C, aliado à umidade relativa do ar superior a 65%). Devido à importância do estilo-estigma para a concretização da produção, recomenda-se neste estádio constante vigilância, evitando-se a sua destruição, principalmente pela ocorrência de pragas, por exemplo lagarta da espiga e de outros insetos.

A deiscência e a dispersão dos grãos de pólen usualmente ocorrem dois a três dias antes da emissão dos estilos-estigma, caracterizando a natureza protândrica da quase totalidade dos genótipos de milho disponíveis no mercado nacional e que favorece o mecanismo de polinização cruzada. Tal período de dispersão pode se estender até o 14º dia, embora períodos mais curtos (5 a 8 dias) sejam mais comumente constatados (PURSEGLOVE, 1972).

A liberação do grão do pólen inicia-se ao amanhecer, estendendo-se até o meio-dia; contudo, tal processo raramente exige mais de quatro horas para a sua concretização. Ainda, sob condições favoráveis, o grão de pólen pode permanecer viável por período aproximado de 24 horas. Todavia, sua longevidade pode ser drasticamente reduzida quando submetido à baixa umidade relativa do ar (inferior a 50%) e temperaturas superiores a 35 °C (GOODMAN; SMITH, 1978).

A polinização do milho é predominantemente realizada pelo vento (anemófila), de forma a vencer distâncias aproximadas de até 500 m, assegurando assim a concretização da fecundação cruzada.

Estádio R2 ou 6 (grãos leitosos)

O estádio R2 normalmente acontece entre 12 e 18 dias após a fecundação, sendo caracterizado pelo acúmulo de açúcares solúveis no endosperma dos grãos, contribuindo assim para o incremento de sua massa (densidade). Tal aumento ocorre devido à translocação dos sintetizados nas folhas e no colmo para os grãos em formação. A eficiência da translocação depende muito da disponibilidade de água.

Observações experimentais demonstram que 60% a 65% dos carboidratos transportados para o grão de milho são oriundos das folhas localizadas na parte superior da planta, ao passo que aproximadamente 25% a 30% contribuem com as folhas situadas em

Digitalizado com CamScanner

seu terço médio, sendo o restante proveniente de suas folhas mais inferiores (ALLISON; WATSON, 1966).

Ocorrência de período nublado (ou reduzida intensidade luminosa), deficiência hídrica, excesso de população de plantas, redução da área foliar por pragas e doenças e desequilíbrio entre nitrogênio (N) e potássio (K) reduzirão, neste período, a taxa fotossintética e aumentarão o nível de estresse da planta. Isso implica redução da taxa de acúmulo de matéria seca do grão, bem como favorece a incidência de doenças de colmo e de espigas (FANCELLI, 1988).

Assim, a integridade e a capacidade cúbica de armazenagem de excedentes de fotoassimilados pelo colmo são de suma importância no período de enchimento de grãos, atuando, em inúmeras situações, como órgão equilibrador da limitação de "fonte", remobilizando os carboidratos de reserva. Na literatura, é amplamente mencionada a contribuição percentual das reservas do colmo no enchimento de grãos, a qual pode variar de 17% (UHART; ANDRADE, 1995) até 44% (RUGET, 1993). Portanto, conclui-se que a planta de milho deverá estar preparada para eventual restrição de carboidratos (redução da taxa fotossintética) coincidente com a fase de enchimento de grãos, que poderá ser remediada, caso a planta se apresente com significativa quantidade de reserva armazenada no colmo. Contudo, a possibilidade de acúmulo de excedentes de fotoassimilados no colmo, objetivando o atendimento de situações emergenciais, somente poderá ocorrer na etapa compreendida entre a sexta e décima folha (FANCELLI, 2012).

No caso de lavouras destinadas à produção de sementes, este período é de particular importância, pois tem início o desencadeamento dos processos de diferenciação do coleóptilo, da radícula e das folhas rudimentares.

Estádio R3 ou 7 (grãos pastosos)

Neste estádio, ou seja 20 a 32 dias após a emissão dos estilos-estigma, as sementes continuam se desenvolvendo rapidamente, embora suas estruturas embriônicas encontrem-se já totalmente diferenciadas. A deposição de amido é bastante acentuada, caracterizando assim um

Digitalizado com CamScanner

período exclusivamente destinado ao ganho de peso pelo grão. A ocorrência neste período de adversidades climáticas, principalmente estresse hídrico, fatalmente acarretará maior porcentagem de grãos leves e pequenos, comprometendo a produtividade.

Estádio R4 ou 8 (grãos farináceos e início da formação de dentes)

Este período coincide, normalmente, com aquele compreendido entre o 32º e o 40º dia após o princípio da polinização, sendo caracterizado pelo aparecimento da concavidade na parte superior do grão, comumente designada dente. Nesta etapa, os grãos encontram-se em fase de transição, do estado pastoso para o farináceo, tornando-se cada vez mais endurecidos. Ainda, neste estádio, o embrião continua se desenvolvendo mediante o aumento do tamanho de suas células (células endospermáticas) e observa-se completa diferenciação da radícula e das folhas embrionárias no interior das sementes.

Estádio R5 ou 9 (grãos duros)

Neste estádio, 45 a 55 dias após a emissão dos estilos-estigma, constata-se acelerada perda de água em toda a planta. Poucas modificações caracterizam esta etapa de desenvolvimento, pois, além da acentuada queda na taxa de acumulação de substâncias orgânicas e minerais no grão, evidencia-se a maturação morfológica das sementes, cujas estruturas encontram-se plenamente formadas e diferenciadas. Porém, ainda não se encontram aptas a desempenharem suas funções específicas.

Estádio R6 ou 10 (grãos fisiologicamente maduros)

Na última etapa de desenvolvimento, 50 a 65 dias após o início da polinização, evidencia-se a paralisação total de acúmulo de matéria seca nos grãos, coincidindo com o processo de senescência

Digitalizado com CamScanner

natural das folhas das plantas, as quais gradativamente começam a perder a sua coloração verde característica (degradação da clorofila).

Este estádio, comumente designado ponto de maturidade fisiológica, é caracterizado pela manifestação do máximo peso da matéria seca dos grãos e máximo vigor das sementes, sendo facilmente reconhecido pela presença da camada negra ou ponto preto no local de inserção do grão com o sabugo. A partir deste momento, rompe-se o elo entre a planta-mãe e o fruto, passando este a apresentar vida independente e, assim, necessita de energia prontamente disponível, que resulta da queima gradativa de suas reservas (endosperma), através da respiração, objetivando a manutenção de seus processos vitais.

Conclui-se, portanto, que o ponto de maturidade fisiológica caracteriza o momento ideal para a colheita, em virtude da máxima produção (*máxima massa de matéria seca*) concentrada neste estádio. No entanto, tal procedimento dificilmente poderá ser implementado, em razão do elevado teor de água no grão (38-30%), na época de sua maturidade fisiológica. Nesse caso, a colheita deverá ser realizada sem maiores problemas quando os grãos de milho apresentarem umidade entre 25% e 18%, desde que o produto colhido seja submetido a uma secagem artificial antes de ser conduzido ao armazenamento.

Aspectos básicos de manejo

O milho (*Zea mays L.)* possui elevado potencial e acentuada habilidade fisiológica na conversão de carbono mineral em compostos orgânicos, os quais são translocados das folhas e de outros tecidos fotossinteticamente ativos (**fonte**) para locais onde serão estocados ou metabolizados (**dreno**).

As relações fonte-dreno podem ser alteradas sobremaneira pelas condições de solo, clima, estádio fisiológico e nível de estresse da cultura (TAIZ; ZEIGER, 2012).

O rendimento dos grãos de uma cultura de milho, segundo Andrade et al. (1991) modificado por Fancelli, 2000, pode ser assim expresso:

Digitalizado com CamScanner

$$y = Ri.eI.eC.p$$

em que:

Ri refere-se à radiação incidente;

eI, à eficiência da interceptação da radiação incidente;

eC, à eficiência de conversão da radiação interceptada pela biomassa vegetal; e

p, à partição de fotoassimilados a partes de interesse comercial.

Assim, a radiação incidente vai depender da localização geográfica da área de produção (latitude, longitude e altitude), bem como da época de semeadura ao longo do ano.

A eficiência de interceptação depende da idade da planta, da arquitetura foliar, do arranjo espacial de plantas e da população empregada, ao passo que a eficiência de conversão, entre outros fatores, depende principalmente da temperatura do ar, do estado nutricional e do equilíbrio hídrico das plantas. A partição dos fotoassimilados, sobretudo, depende do genótipo, do nível de estresse e das relações de fonte-dreno estabelecidas.

O rendimento de grãos de uma cultura pode ser definido como o produto do rendimento biológico e índice de colheita (IC). O biológico é comumente determinado pelo peso total da matéria seca da planta, perfazendo medida integrada dos efeitos combinados da fotossíntese e respiração durante a fase de crescimento. A fotossíntese, por sua vez, depende da extensão da área foliar e da permanência das folhas em plena atividade. O índice de colheita, que se constitui na fração dos grãos produzidos em relação à matéria seca total da planta, pode ser empregado em programas de melhoramento genético e de avaliação de desempenho de genótipos submetidos a diferentes condições climáticas (DONALD; HAMBLIN, 1976). Ainda, o índice de colheita poderá identificar a habilidade de um genótipo em combinar elevada capacidade de produção total e destinar a matéria seca acumulada a componentes de interesse econômico.

O IC máximo, para a cultura do milho, encontra-se próximo de 0,60 obtido em regiões de clima temperado e de latitude elevada. Em contrapartida, os menores índices de colheita mencionados na

Digitalizado com CamScanner

literatura referem-se àqueles oriundos de alguns países da África, como Quênia, IC = 0,15, e Gana, IC = 0,27.

Para Durães et al. (1993), as características morfofisiológicas associadas ao elevado rendimento de grãos variam de acordo com os diferentes tipos de genótipo; contudo, a precocidade conferiu aos materiais testados os maiores índices de partição. Porém, conforme relatado por Fancelli e Dourado Neto (2000), a maior habilidade de partição relacionada aos genótipos superprecoces e precoces somente poderá se manifestar quando forem satisfeitas as exigências climáticas e nutricionais relativas aos materiais genéticos considerados. Portanto, IC obtido em determinado local não deverá ser extrapolado para outras regiões, pois tal parâmetro está intimamente correlacionado com a interação genótipo-ambiente.

Atualmente, essas características têm sido submetidas a exaustivas pesquisas por estudiosos do Melhoramento Genético e da Fisiologia da Produção, objetivando a melhoria do desempenho da planta quanto à adaptação a diferentes regiões, ao efetivo aproveitamento de fatores de produção e à melhoria no processo de partição de fotoassimilados.

O incremento diário de matéria seca nos grãos pode variar de acordo com o genótipo, ou seja, linhagens de grãos dentados apresentam maior taxa de acúmulo em comparação com materiais genéticos portadores de grãos duros ou flint (CHENGEL, 1986).

O número de grãos por planta e por unidade de área constitui-se em um dos mais importantes componentes determinantes do rendimento da cultura, o qual é influenciado por eventos ocorridos entre a emissão da 4ª e 12ª folhas, além daqueles evidenciados no florescimento (fecundação). Em áreas tropicais, este é o parâmetro que, normalmente, contribui para as maiores oscilações de rendimento da cultura. A obtenção de maior número de grãos possível dependerá da população e do número de espigas encontradas por planta (prolificidade) e por área. Erroneamente, valoriza-se, em demasia, o tamanho da espiga, conferindo a este componente acentuado valor na definição do potencial produtivo. Ainda, reconhece-se que na planta de milho, que não possui capacidade compensatória efetiva, o tamanho da espiga muito pouco contribui para a definição da produção quando o número de espigas por área for pequeno.

Digitalizado com CamScanner

Conclui-se, portanto, que, em primeira instância, o número de espigas é mais importante que o seu tamanho.

O rendimento de grãos (e o número de grãos) aumenta, significativamente, com os incrementos do índice de área foliar (IAF) variando de 4 a 6, segundo resultados obtidos no *Corn Belt* americano.

A maximização da produção dependerá da população empregada, que, por sua vez, dependerá da capacidade suporte do meio e do sistema de produção adotado; do índice e da duração da área foliar fotossinteticamente ativa; da época de semeadura, visando satisfazer à cinética de desenvolvimento e crescimento; bem como da adequada distribuição espacial de plantas na área, em conformidade com as suas características genotípicas.

No Brasil, rendimentos elevados têm sido obtidos com a utilização de 60.000 a 85.000 plantas/ha, adotando-se espaçamentos variáveis entre 45 e 80 cm (ideal: 55 a 60 cm), que apresentam 2,3 a 4 plantas por metro linear, devidamente arranjadas de forma a minimizar as relações de competição por fatores de produção (Tabela 3.1). É interessante mencionar que tais recomendações referem-se, normalmente, a sistemas de produção irrigados (ou sem restrição hídrica) e mantidos sob contínua vigilância e orientação técnica.

Tabela 3.1 - Espaçamentos entre linhas recomendados para a cultura de milho

Espaçamento (cm)	Considerações relevantes (*)
90-85	Menor eficiência no aproveitamento dos fatores de produção.
80-70	Sem nenhum tipo de restrição à região, época e híbrido.
60-50	Melhor aproveitamento dos fatores de produção e obtenção de maiores produtividades.
45-50	Recomendado para situações e genótipos específicos.

(*) exigência de distribuição adequada de plantas.

Fonte: FANCELLI, 2007.

Digitalizado com CamScanner

Considerações finais

A espécie *Zea mays* é considerada uma das plantas mais bem dotadas sob a ótica fisiológica, bem como de elevada capacidade produtiva. Todavia, a manifestação desses atributos depende das condições no ambiente de produção. Por essa razão, o conhecimento da fisiologia da planta, o respeito às exigências edafoclimáticas da espécie e a visão sistêmica da atividade, aliados ao estabelecimento de estratégias de manejo racionais e eficientes, garantem rendimentos lucrativos e sustentáveis.

Referências

ALLISON, J.C.S.; WATSON, D.J. The production and distribuition of dry matter in maize after flowering. **Annals of Botany**, v. 30, n. 119, p. 366-381, 1966.

ANDRADE, F.H. **Radiación y temperatura determinan los rendimentos máximos de maíz**. Instituto Nacional de tecnologia agropecuária. Balcarce, Argentina, 1992. 34 p. (Boletin Técnico, 106).

ANDRADE, F.H.; UHART, S.; ARGUISSAIN, G. **Rendimento potencial de maizen Balcarce**: analisis de los fatores que lo determinan. Balcarce, Argentina: Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária, 1991. 11 p. (Boletin Técnico, 101).

ARNON, I. **Mineral nutrition of maize**. Bern. Switzerland: International Potash Institute, 1975. 452 p.

BERGER, J. **Maize production and the manuring of maizes**. [S.l.]: Center d'Estudo de l' Azote, 1962. p. 38-41.

BERLATO, M.A.; SUTILI, V.R. Determinação das temperaturas bases dos subperíodos emergência – Pendoamento e emergência: espigamento de três cultivares de milho. In: REUNIÃO TÉCNICA DE MILHO E SORGO, 21., 1976, Porto Alegre. **Resumos...** Porto Alegre, RS, 1976. p. 26.

CANTRELL, R.G.; GEALDEMANN, J.L. Contribuition of truste leaves to maize grain yield. **Crop Science**, v. 21, n. 4, p. 544-546, 1981.

DAKER, A. **A água na agricultura**: manual de hidráulica agrícola-irrigação e drenagem. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Freitas Bastos, 1970. 453 p. v. 3.

DONALD, C.M.; HAMBLIN, J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria. **Advances in Agronomy**, Madison, v. 28, p. 361-405, 1976.

DUNCAN, W.G.; WILLIAMS, W.R.; LOOMIS, R.S. Maize production. **Crop Science**, v. 7, p.37, 1967.

Digitalizado com CamScanner

DURÃES, F.O.M.; MAGALÃES, P.C.; OLIVEIRA, A.C.; FANCELLI, A.L.; COSTA, J.D. Partição de fitomassa e limitações de rendimento de milho (*Zea mays* L.) relacionados com a fonte-dreno. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISIOLOGIA VEGETAL, 4., 1993, Fortaleza, CE, SBFV/UFCE, 1993. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 5, n. 1, p. 1-120, 1993.

FANCELLI, A.L. **Plantas Alimentícias**: guia para aula, estudo e discussão. Piracicaba, SP: Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", ESALQ/USP, 1986. 131 p.

FANCELLI, A.L. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. 1988. 172 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, SP, 1988.

FANCELLI, A.L. **Escolha do tipo de cultivar de milho**. Piracicaba, SP: Departamento de Agricultura/ESALQ/USP, 1989. 8 p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba, RS: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A.L. **Milho**: estratégias de manejo. Piracicaba, SP: LPV/ESALQ/USP, 2013. 180 p.

FERRAZ, E.C. Fisiologia do milho. In: **Cultura e adubação do milho**. São Paulo, SP: Instituto Brasileiro de Potassa, 1966. p. 369-379.

GOODMAN, M.M.; SMITH, J.S.C. Botânica do milho. In: **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1978. p. 32-70.

KINIRY, J.R.; BONHOMME. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (Ed.). **Predicting crop phenology**. Boca Raton: Ann. Arbor.; Boston: CRC Press, 1991. p. 115-131.

KRAMER, P. J. Fifty years of progress in water relations research. **Plant Physiology**, v. 54, p. 463-471, 1974.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: an estimate. **Crop Science**, v. 3, n. 1, p. 67-72, 1963.

MAGALHÃES, A.C.N.; SILVA, W.J. Determinantes genético-fisiológicos da produtividade do milho. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção de milho no Brasil Fundação Cargill**. Campinas, SP, 1978. p. 346-379.

NEL, P.C.; SMIT, N.S.H. **Growth and development stages in the growing maize plant**. [S.l.]: Farming in South Africa, 1978. p. 1-7.

PURSEGLOVE, J.W. **Tropical crops monocotyledons**. I. New York: John Wiley and Sons Inc., 1972. 334 p.

THORNTHWAITE, C.W. **An approacha toward a rational classification of climate geographical review**, New York, v. 38, n.1, p. 55-94, 1948.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2012. 738 p.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B. Relationship between assimilate source and reproductive sink in maize grown in a short season environment. **Agronomy Journal**, v. 70, p. 219-23, 1977.

TOLLENAAR, M.; DAYNARD, T.B.; HUNTER, T.B. Effect of temperature sensitive period for leaf number of maize. **Crop Science**, v. 23, p. 457-460, 1979.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, v. 35, p.183-190, 1995.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JR., M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. **Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima**. São Paulo, SP: Instituto de Geografia da USP, 1972. 8 p. (Caderno de Ciência da Terra).

WILSIE, C.P. **Crop adaptation and distribution**. [S.l.]: Freeman, 1962. 345 p.

Digitalizado com CamScanner

4 Preparo do Solo e Plantio

José Carlos Cruz[1], *Israel Alexandre Pereira Filho*[2] e *Ramon Costa Alvarenga*[3]

O manejo adequado do solo e da água é um pré-requisito que se deve ter sempre em mente quando se estabelecem sistemas sustentáveis de cultivo. O preparo do solo é definido como a manipulação física, química ou biológica deste e tem por objetivo básico otimizar as condições de germinação, emergência e o estabelecimento das plântulas. Também deve ser visto como um sistema que deverá manter a estrutura do solo com baixa probabilidade de desagregação e transporte por água ou vento. Com a estrutura preservada mantém-se a porosidade do solo, particularmente a macroporosidade e, por conseguinte, a taxa de infiltração de água e o fluxo de oxigênio para o interior do solo. Quanto mais água infiltrar, menor será o risco de enxurrada e erosão.

Excessiva mecanização do solo resulta em destruição de sua estrutura, surgimento da compactação subsuperficial e formação de crosta superficial. Quanto mais intensas as operações de preparo do solo, maior a desestruturação, principalmente naqueles solos com menores teores de argila e matéria orgânica. Com a desestruturação, as partículas individualizadas de argila são facilmente colocadas em

---

[1] *In memoriam*.

[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: israel.pereira@embrapa.br

[3] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: ramon.alvarenga@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

suspensão na água de irrigação e, principalmente, de chuvas. Depois do evento de irrigação ou chuva, com a infiltração da água, essas partículas sedimentam-se, justapondo-se de maneira organizada, de tal modo que há formação de crostas pouco permeáveis na superfície (FAVARIN; FRANÇA, 1990). Essa crosta ou selamento superficial reduz a entrada e difusão de oxigênio para o interior do solo, além de diminuir a taxa de infiltração de água, o que aumenta a enxurrada e os riscos de erosão.

Preparo do solo

Atualmente, há pouco espaço para discussão acerca dos métodos de preparo do solo, uma vez que o sistema de plantio direto (SPD) possui vantagens inquestionáveis sobre os demais Figura 4.1). A seleção do sistema de preparo e manejo do solo é fator imprescindível para a obtenção de altas produtividades. Entretanto, deve-se ter em mente que esse objetivo não se resume ao próximo período agrícola apenas, mas, também, deve visar o longo prazo, visto que todo impacto, negativo ou positivo, é acumulativo no solo. Para que isso aconteça, as alterações físicas indesejáveis ao solo devem ocorrer no menor grau possível, ao mesmo tempo em que se deve visar à manutenção do solo como um recurso não degradado e à menor interferência possível no meio ambiente.

Figura 4.1 - Sistema de plantio direto de milho.

Digitalizado com CamScanner

O que se pretende com o preparo do solo, ao menos temporariamente, é obter as condições iniciais favoráveis ao crescimento e estabelecimento das plantas, de tal maneira que se assegurem altos rendimentos e retorno dos investimentos realizados. Para isso, deve-se optar por sistemas que não mobilizem o solo mais que o necessário, como forma de minimizar as alterações físicas, o que, por sua vez, causará menor impacto sobre as taxas de escoamento superficial e de infiltração da água no solo. Essas taxas têm efeito direto sobre a umidade do solo, que, por sua vez, desempenha importante papel na compactação.

O solo deve ser preparado em condições de friabilidade, condição na qual apresenta baixa resistência e alta a moderada capacidade de suporte de carga e resistência à compressão, ou seja, quando o solo está com teor de umidade em que parte dele, sendo comprimida na mão, é facilmente moldada, mas que tão logo cessada esta força, a amostra é facilmente destruída (WILDNER,1992).

Quando o solo é preparado com umidade em torno da capacidade de campo (máxima capacidade de retenção de umidade), além da maior probabilidade de formação de camada subsuperficial compactada pode ocorrer maior aderência aos implementos (em solos argilosos), até o ponto de impossibilitar a operação de preparo. Deve-se também evitar o preparo com solo muito seco, pois a resistência à penetração é alta, haverá maior quantidade de torrões grandes e será necessário maior número de gradagens para obter suficiente destorroamento, de modo a permitir a operação de semeadura. Esse excesso de gradagens quebra demasiadamente os agregados e, por conseguinte, deteriora a estrutura do solo.

A condição ideal de umidade para o preparo do solo pode variar conforme o implemento empregado e ser detectada facilmente em campo: um torrão de solo, coletado na profundidade média de trabalho do implemento de preparo quando submetido à leve pressão entre os dedos polegar e indicador, deve desagregar-se sem oferecer resistência. Quando forem usados o arado e a grade para preparar o solo, deve-se considerar como umidade ideal a faixa variável de 60% a 70% da capacidade de campo para solos argilosos e de 60% a 80% para solos arenosos, ou seja, quando o solo estiver na faixa de umidade friável. Ao utilizar o escarificador ou o subsolador, a faixa

Digitalizado com CamScanner

ideal de umidade será entre 30% e 40% da capacidade de campo, para solos argilosos (EMBRAPA, 1996).

Preparo convencional

Os métodos mais tradicionais de preparo convencional do solo são aqueles em que se utilizam arados e grades para o preparo. Caracterizam-se pelo revolvimento total de uma camada superficial de solo pelas operações de aração e nivelamento do terreno, que acontecem em duas etapas. Na primeira, o preparo primário, faz-se aquela operação inicial de mobilização do solo (aração), mais profunda e grosseira, que visa essencialmente eliminar ou enterrar as plantas daninhas e os restos culturais e, também, melhorar as condições do solo, para facilitar o crescimento inicial de raízes e a infiltração de água. A segunda etapa é constituída por operações superficiais subsequentes ao preparo primário, feitas normalmente com grades leves ou médias, niveladoras ou destorroadoras, respectivamente. Constituem o destorroamento e nivelamento do terreno, com eliminação de plantas invasoras, de forma a permitir ambiente favorável ao plantio e ao desenvolvimento inicial das plantas. A última gradagem deverá ser realizada imediatamente antes do plantio, para melhor eficiência no manejo das plantas daninhas.

Há um uso generalizado dos equipamentos providos de discos, arados e grades. Isso se deve à boa adaptação desses implementos aos vários tipos e condições de solo, como os pedregosos ou os recém-desbravados, onde ainda existam raízes e tocos. Além disso, eles realizam boa mistura de corretivos e fertilizantes ao solo. Porém, quando esses equipamentos são utilizados sempre a uma mesma profundidade, surge uma camada compactada (pé-de-arado ou pé-de-grade) logo abaixo da zona revolvida pelos discos. Estes são agentes causadores de maior compactação, pois o peso total do equipamento é distribuído em uma área muito pequena do disco. Analogamente, são equipamentos ineficientes para romper camada compactada. Esta camada reduz a infiltração de água no solo, o que, por sua vez, irá contribuir para maior escorrimento superficial e, consequentemente, causar a erosão.

Digitalizado com CamScanner

Arado de disco

O arado de disco trabalha a uma profundidade média de 20 cm, incorporando parcialmente resíduos vegetais e plantas daninhas. Suas desvantagens são o baixo rendimento do trabalho e o alto consumo de combustível na operação. Em terrenos com grande quantidade de massa vegetal na superfície, é necessário, primeiramente, triturar esse material, para que o arado de disco não apresente problemas de embuchamento. Enfim, consegue-se boa penetração do arado quando a umidade do solo é adequada, a regulagem do arado está correta e não há excesso de resíduos vegetais na superfície do terreno nem de camada compactada.

Grade aradora

Também chamada de grade pesada, é um dos principais implementos usados no preparo do solo, provavelmente em razão da possibilidade de ser obtido maior rendimento do serviço com menor consumo de combustível, além de se conseguir realizar tanto a aração primária quanto a secundária, ou seja, destorroamento e nivelamento. A profundidade de corte das grades é diretamente dependente do seu peso e do diâmetro e número de discos: quanto mais pesada e menor for o número de discos de maior diâmetro, maior a profundidade alcançada, desde que não haja compactação.

Apresenta como vantagens a fácil regulagem e eficiência de trabalho em solos com grande massa de plantas daninhas. Uma desvantagem da grade aradora é que provoca grande pulverização do solo, predispondo-o mais à erosão. A incorporação de corretivos e, esporadicamente, de fertilizantes a menores profundidades, associada à existência de uma camada compactada logo abaixo, vai estimular o sistema radicular das culturas a permanecer na parte superficial do solo. A planta passa a explorar, portanto, menor volume do solo, ficando mais sucetível ao défice hídrico.

Digitalizado com CamScanner

Arado de aiveca

Largamente empregado, foi sendo gradativamente substituído pelos equipamentos de disco, provavelmente em razão do baixo rendimento. Apresenta algumas vantagens, como a aração profunda, isto é, até 40 cm, que é vantajosa na distribuição de corretivos e, eventualmente, fertilizantes, além de eficiente na descompactação. Faz um enterrio mais seguro de restos vegetais e sementes de invasoras, controlando-as melhor. Suas desvantagens são: baixa eficiência na mistura de corretivos e fertilizantes ao solo; dificuldade para trabalhar em áreas onde existam muitos tocos e raízes, embora disponha de mecanismo de desarme automático que reduz essa limitação; menor adaptabilidade a diferentes solos. Para solos pegajosos, o mais recomendado é o arado de aiveca com telha tombadora recortada. Para os de textura média, o arado com telha interiça ou lisa é mais apropriado, uma vez que deixa muito pouco resíduo vegetal na superfície. Demanda, ainda, maior potência na tração para realizar aração profunda, o que, de certa forma, aumenta os riscos de compactação, devido ao maior peso dos tratores empregados.

Sistemas conservacionistas de preparo do solo

Nestes sistemas, objetiva-se ajustar tecnologias que possibilitem aliar menor mobilização do solo e maior preservação da matéria orgânica, que é reconhecidamente de fundamental importância não só para a sustentabilidade do ecossistema, mas também pela influência direta e indireta nos processos químicos, físicos, físico-químicos e biológicos. Eles revolvem menos o solo e deixam maior quantidade de resíduos culturais sobre a sua superfície, conferindo-lhe maior resistência contra os agentes causadores de degradação, especialmente a erosão hídrica. Dois métodos merecem destaque: **o preparo do solo com arado escarificador e o sistema de plantio direto.** Devido ao seu papel conservacionista, baixo nível de dano e alto nível de proteção ao solo, é possível aliar produtividade e conservação do solo e água, binômio este da maior importância quando a meta é a sustentabilidade em sistemas agrícolas.

Digitalizado com CamScanner

Arado escarificador

A principal característica desse arado é a de que, no preparo, ele somente torna o solo mais frouxo sem revolvê-lo muito e sem causar compactação, trabalhando até uma profundidade de 0,4 m e, quando dotado de rolo destorroador/nivelador, pode dispensar a gradagem. É de grande eficiência na descompactação de solo com este problema e, para tanto, deve ser empregado quando o solo apresentar-se mais seco, porém, dentro da faixa de friabilidade, para que não haja formação de grande quantidade de torrões de maior tamanho. Apresenta bom rendimento e desenvolvimento radicular, o que facilita a infiltração de água. O diferencial entre esse equipamento e aqueles de preparo convencional reside no fato de que o escarificador possibilita que grande parte dos resíduos vegetais fique sobre a superfície do solo.

Como desvantagens ele pode apresentar, em áreas onde existam muitos tocos e raízes, um trabalho de pior qualidade, mesmo aqueles equipamentos dotados de mecanismos de desarme automático. Onde há massa vegetal muito densa na superfície, pode correr embuchamento do equipamento, inclusive naqueles dotados de disco de corte de palha. Nessa situação, deve-se dedicar maior atenção nas operações que antecedem a aração, por exemplo cuidar para que os resíduos vegetais estejam uniformemente distribuídos e que estes estejam secos pois, caso estejam apenas murchos, a operação de corte é prejudicada, aumenta os riscos de embuchamento e a qualidade do preparo diminui. Uma vez que ele não inverte a camada superficial do solo, haverá pronta emergência de plantas daninhas; portanto, deve haver perfeito conhecimento sobre o uso de herbicidas no momento adequado.

Sistema de plantio direto – SPD

O sistema de plantio direto é uma técnica conservacionista de manejo do solo largamente aceita entre os produtores de grãos. Segundo a CONAB (2016), a área atual cultivada com grãos gira em torno de 58,4 milhões de hectares, com a produção de grãos chegando ao redor de 196,5 milhões de toneladas.

Digitalizado com CamScanner

A área explorada com o sistema de plantio direto segundo levantamento realizado por Bublitz (2014) sobre a evolução do SPD no Brasil é de aproximadamente 32 milhões ha, atingindo cerca de 86% da área cultivada. O SPD está fundamentado na mobilização mínima do solo, restrito a uma faixa estreita da superfície do terreno para o plantio, na manutenção de palhada sobre o solo, no controle químico de plantas daninhas e na necessidade da sucessão e rotação de culturas (Figura 4.2). Requer cuidados na sua implantação, porém, depois de estabelecido, seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas, também, ao rendimento das culturas e à competitividade dos sistemas agropecuários. Devido à drástica redução da erosão, diminui o potencial de contaminação do meio ambiente e oferece ao agricultor maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada em comparação aos métodos tradicionais de manejo de solo.

Figura 4.2 - Semeadora de plantio direto; o número de linhas é bastante variável.

O sistema de plantio direto, com adequada cobertura da superfície do solo, permitirá o aumento da infiltração da água no solo e a redução da evaporação, com consequente aumento no teor de água disponível para as plantas. Em SPD de média/longa duração já se constata aumento do teor de matéria orgânica do solo, afetando a curva de retenção de umidade e, consequentemente, aumentando,

Digitalizado com CamScanner

ainda mais, o teor de umidade para as plantas. Em áreas irrigadas, isto se reverte em economia, devido à menor taxa de irrigação ou ampliação do turno de rega.

Nas condições tropicais e subtropicais brasileiras, as altas taxas de mineralização de restos culturais dificultam a permanência de uma cobertura morta adequada do solo. Por essa razão, para assegurar a sustentatibilidade do sistema, é necessário um manejo que propicie a manutenção permanente de uma cobertura adequada mediante aporte de material orgânico em quantidade e qualidade, compatível com a demanda biológica do solo. Isso pode ser alcançado através de maior diversidade de espécies no sistema e de menor período entre a colheita e o plantio subsequente, isto é, com um espaço mínimo de tempo entre a colheita de uma cultura e o plantio da cultura subsequente (DENARDIN; KOCHHANN, 2012). Ainda, segundo esses autores, o sistema envolvendo colheita de uma safra e plantio de outra imediatamente na sequência, como ocorre com a safra da soja e o plantio do milho safrinha e, também, no sistema de integração lavoura-pecuária onde há tanto a sucessão como a consorciação de culturas, são estratégias para se atingirem estes objetivos. Exemplo desses sistemas é o plantio da soja no verão e do milho consorciado com braquiária na safrinha, que facilita a diversificação de culturas; aumenta a oportunidade de se obter maior número de culturas por ano; mantém cobertura permanente do solo; e aumenta o aporte de material orgânico.

É fundamental eliminar, antes da implantação do SPD, a compactação no solo, que, geralmente, é resultado do uso inadequado de arados ou grades após sucessivos anos, sempre a uma mesma profundidade. Como o plantio direto não elimina essas camadas, esse trabalho deve ser realizado antes da implantação do sistema. Outra exigência é que haja boa drenagem de solos úmidos com alto lençol freático, pois o plantio direto já aumenta o nível de água no solo (em consequência de menor escorrimento superficial, de maior infiltração e de menor evaporação), o que poderia agravar o problema de excesso de umidade em solos com drenagem deficiente, principalmente naqueles pesados, em razão da quantidade ou do tipo de argila.

Uma vez que no plantio direto o solo não será revolvido, é muito importante corrigir a acidez antes de iniciar esse processo, tanto na camada superficial quanto na subsuperfície. Para isso, deverá ser

Digitalizado com CamScanner

feita a amostragem de 0-20 cm e de 20-40 cm e, se necessário, a calagem, incorporando o calcário o mais profundo possível, ocasião na qual também é feito o nivelamento de terrenos com superfície muito irregular (sulcos de erosão, trilhos de gado etc.). Se houver indicação nos resultados da análise de solo, deve-se aplicar gesso agrícola para correção da camada subsuperficial. Embora essa tenha sido uma tendência no Brasil-Central, no Sul do País o uso do calcário na superfície do solo no plantio direto tem sido efetivo, trazendo vantagens econômicas (devido ao menor custo da aplicação do calcário sem incorporação por meio da aração e gradagens) e de conservação do solo, pois, sem o revolvimento, mantém-se a estrutura física do campo nativo, o que é fundamental no controle da erosão, principalmente em solos arenosos. Já em solos de cerrado, muitas vezes a calagem em superfície tem se mostrado ineficiente em oferecer as condições mínimas necessárias, no curto prazo, ao adequado desenvolvimento das culturas onde o veranico causa grandes perdas.

Os níveis de fertilidade devem se situar na faixa de média a alta. Correção dos teores de fósforo e potássio é necessária antes de iniciar o plantio direto. Na realidade, o agricultor deve ter como meta manter os níveis de fertilidade na faixa alta e estabelecer um programa de adubação de reposição, levando em consideração o sistema como um todo e as menores perdas de nutrientes resultantes da menor erosão.

É desejável que os restos culturais cubram toda a superfície do solo, pelo menos 50%. Consegue-se isso mantendo 6 t/ha de matéria seca para cobertura do solo. Certamente, este é um dos requisitos mais importantes para o sucesso do plantio direto, por afetar praticamente todas as melhorias no solo que o sistema oferece. Entretanto, isso pode variar entre diferentes regiões, pois as opções de cobertura do solo dependem das condições climáticas de cada local. É indicado usar o picador e o distribuidor de palhas nas colheitadeiras para se conseguir melhor distribuição dos restos culturais na superfície do solo, facilitando o plantio e protegendo-o mais uniformemente.

No sistema de plantio direto, as plantas daninhas serão controladas sem o uso de processos mecânicos, e seu custo representa significativo percentual de produção total. Portanto, toda ação que reduz ou facilita o controle de plantas daninhas antes do plantio direto

Digitalizado com CamScanner

deverá ser adotada. No SPD, a cobertura morta oferece, também, controle parcial sobre as plantas daninhas. Dependendo da sua quantidade e distribuição e, após sua decomposição, fornece ainda nutrientes e material orgânico ao solo. Pesquisas mostram que é possível reduzir em quatro por cento a infestação com invasoras para cada tonelada de resíduos de milho deixados sobre a superfície. Com base nesses resultados, observa-se que é possível haver significativa economia de herbicidas após o estabelecimento de cobertura do solo com resíduos em plantio direto, o que constitui fator extremamente importante tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental.

Solos com problemas de sulcos, valetas ou outras irregularidades na superfície, como aqueles sob processos de erosão severa e também em áreas de pastagens degradadas, devem ser condicionados previamente, tornando a superfície do terreno mais nivelada possível. Nesta ocasião, é também implantado o sistema de conservação do solo e da água. Pesquisas já têm demonstrado os riscos de ocorrer erosão em SPD, que são maiores na medida em que se aumenta o comprimento de rampa. A água escorre por debaixo da palhada, removendo e transportando o material de solo. Embora existam no mercado semeadeiras com sistema de plantio que permite acompanhar o microrrelevo do solo (pantográficas), o ideal é o preparo prévio da área, o que não exclui a utilização dessas semeadeiras. Outra recomendação para as áreas de plantio direto é empregar semeadeiras com sulcadores (facão ou botinhas), visando eliminar compactações na linha e colocar o adubo em maior profundidade.

Entre os muitos problemas nas áreas de produção de silagem com SPD, destaca-se a falta de rotação de culturas, caracterizando a monocultura. Daí, a falta de cobertura do solo compromete o teor de matéria orgânica, reduz a fertilidade e prejudica a estrutura física do solo. Este fato tem contribuído para o aumento da compactação do solo e da erosão, gerando desuniformidade na emergência das plantas e, consequentemente, reduzindo a produtividade e a qualidade da silagem. Nesses casos, é necessário o desenvolvimento de sistemas de produção que incluam uma cultura de sucessão para o inverno ou safrinha. Esses sistemas integrados, além de aumentar a produção de alimentos e de forragens, deixam resíduos vegetais abundantes sobre o solo, com a finalidade de melhorar a cobertura morta e, por

Digitalizado com CamScanner

conseguinte, sua estrutura física e fertilidade. Esses sistemas devem ser ajustados às diferentes regiões edafoclimáticas levando-se em consideração a época de colheita da silagem. Há uma infinidade de opções de espécies para cultivos na sucessão da silagem de milho que podem ser selecionadas conforme o interesse e a região de produção: tremoço branco, milheto, guandu, crotalária (problema de fotoperíodo), girassol, canola, sorgo granífero, aveia, triticale, braquiárias, feijão etc. Mais recentemente, tem-se verificado a possibilidade do plantio de milho consorciado com forrageiras para a produção de grãos ou silagem. Tal sistema de consórcio permite a retirada da silagem, deixando, após a colheita, uma pastagem formada, que poderá ser utilizada na alimentação animal e, ou, como repositório de matéria orgânica ao solo. A pesquisa tem mostrado a efetividade da palhada de braquiária na eliminação de fungos e bactérias do solo. Em adição, o seu sistema radicular também é eficiente na reestruturação do solo.

Em áreas onde as explorações agrícolas são mais intensivas, como em agricultura irrigada e em sucessões de culturas, a exemplo da segunda safra de milho, em que o solo é mais intensamente trabalhado, a probabilidade de acelerar sua degradação, aumentando os problemas de compactação, erosão e redução de sua produtividade, é bem maior. Nessas situações, as decisões sobre o manejo do solo são mais complexas, devendo-se levar em conta as culturas envolvidas, as épocas de plantio, as condições do solo e do clima, visando à obtenção de maiores rendimentos, sem comprometer a produtividade da área no médio e longo prazos. A implantação da cultura de milho na safrinha, no final do período chuvoso, deixa o agricultor na expectativa de ocorrência de défice hídrico a partir desse período. Assim, em toda estratégia de manejo do solo deve-se levar em consideração a maior quantidade de água disponível para as plantas.

Época de plantio

Embora não tenha custo adicional, o plantio de milho na época correta afeta diretamente a produção e a produtividade da lavoura e, consequentemente, o lucro do agricultor.

A época ideal de plantio vai depender da umidade do solo,

Digitalizado com CamScanner

temperatura, radiação solar, cujos limites extremos são variáveis em cada região. Em regiões tropicais, onde há disponibilidade de água para irrigação e não existe risco de geadas, o plantio pode ser realizado em qualquer época do ano; contudo, a produtividade e principalmente o ciclo serão afetados. Uma vez que o milho é uma planta termossensível, nos plantios em que a fase vegetativa estiver sujeita a temperaturas mais frias, o ciclo será mais longo.

O período de semeadura mais adequado é aquele que faz coincidir a floração com os dias mais longos do ano e a etapa de enchimento de grãos com o período de temperaturas mais elevadas e alta disponibilidade de radiação solar. Isso, considerando satisfeitas as necessidades de água pela planta. Vários trabalhos de pesquisa têm mostrado que o rendimento de grãos foi maior e mais estável nas épocas em que os estádios de desenvolvimento de quatro/cinco folhas totalmente desenvolvidas (quando há diferenciação floral) e a floração ocorreram em boas condições de água no solo. Nas regiões tropicais, devido à menor variação da temperatura e do comprimento do dia, a distribuição de chuvas é que geralmente determina a melhor época de semeadura.

Normalmente, a época de plantio da Região Sul antecede-se à da Região Sudeste que, por sua vez, antecede à da Região Centro-Oeste. O mesmo ocorre ao comparar a época de plantio da Região Centro-Oeste à das Regiões Nordeste e Norte do Brasil.

Analisando a Região Sul do Brasil, observa-se que nos Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, nas lavouras com maiores rendimentos, o plantio é realizado mais cedo, ou seja, entre agosto e setembro. Esses resultados são caracterizados pelo fato de esses estados estarem localizados em regiões de clima subtropical. Já no Estado do Paraná, a época de plantio dos cultivos de altas produtividades é entre setembro e outubro

Na Região Sudeste do Brasil, a época de plantio acontece nos meses de outubro e novembro, o que também ocorre nos estados da Região Centro-Oeste, onde as lavouras de milho, na safra, são plantadas principalmente nos meses de outubro e novembro. Depois, há redução no ciclo da cultura e queda no rendimento por área. Trabalhos de pesquisa no Brasil Central mostram que, dependendo do cultivar, atraso do plantio a partir da época mais adequada (geralmente

Digitalizado com CamScanner

em outubro) pode reduzir o rendimento em até 30 kg de milho por hectare/dia (SANS; GUIMARÃES, 2012).

O atraso na época de plantio deve ser evitado, pois resultará em: (i) ciclo completo com menor número de dias, reduzindo o potencial produtivo; (ii) menor produtividade; (iii) maior risco de deficiência hídrica; (iv) maior dificuldade no controle de plantas daninhas e pragas; (v) maior dano, por aumentar a ocorrência e a severidade de doenças quando estas ocorrem; e (vi) maior porcentagem de acamamento e quebramento.

Obviamente, por razões diversas, muitas vezes esse atraso não depende do produtor. Cabe a ele elaborar seu planejamento de plantio de forma a não atrasá-lo por negligência ou por desconhecimento, pois assim estará perdendo dinheiro e comprometendo seu negócio.

Já para algumas regiões da Bahia e Piauí, a época de plantio concentra-se no final do mês de novembro, estendendo-se até o início de dezembro. Na Região Nordeste, a época de plantio vai depender do período chuvoso, que é muito variável entre os estados.

O Brasil possui hoje o Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o milho (safra e safrinha), estabelecido em 1996 pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que tem por objetivo apresentar subsídios para minimizar riscos de perda de safras por condições climáticas adversas, por meio da identificação de locais com condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento da cultura. A partir do conhecimento da necessidade mínima de água no solo durante os diferentes estádios de desenvolvimento da cultura e das temperaturas extremas que possam limitar o desenvolvimento da lavoura, o programa Zoneamento Agrícola de Risco Climático baseia-se na estimativa da probabilidade de ocorrência de condições climáticas adversas em cada região e período (decêndio) dos anos considerados, identificando áreas e épocas com menores riscos climáticos de perda de safra. O programa atualmente representa um norteador da aplicação de crédito e de seguridade rural. Informações sobre as épocas de plantio com menor risco climático de perda de safra por município são disponibilizadas pelo Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Mais que na safra normal, o rendimento do milho safrinha é muito afetado pela época de plantio. Uma vez que este milho é

Digitalizado com CamScanner

plantado após uma cultura de verão, a sua data de plantio depende da época de seu cultivo e de seu ciclo. Assim, o planejamento do milho safrinha começa com a cultura do verão, visando liberar a área o mais cedo possível. Quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial e maior o risco de perdas por seca e, ou, geadas.

O Zoneamento Agroclimático de Milho Safrinha estabeleceu o início da semeadura em 1º de janeiro para todas as macrorregiões, e o término seria variável nos diferentes estados. Por exemplo, no Paraná, em 20 de março na macrorregião com menor probabilidade de ocorrência de geadas. Em São Paulo, o término estende-se até 20 de março e, nos demais estados, até 28 de fevereiro ou 10 de março (CRUZ; PEREIRA FILHO, 2012).

Apesar de o Zoneamento Agroclimático coordenado pelo MAPA ter determinado este período, ocorrem semeaduras antes do início liberado e após o limite máximo estabelecido em praticamente todas as regiões aptas ao cultivo do milho safrinha, principalmente devido aos sistemas de produção regionais. Como exemplo, observa-se, no Paraná, a semeadura do milho no mês de dezembro em determinadas regiões onde se cultiva o feijão das águas e semeaduras até o mês de abril, quando não se consegue colher a soja antes desse período, caracterizando-se este último como cultura de elevado risco.

Profundidade de plantio

A profundidade de semeadura está condicionada aos fatores temperatura, umidade e tipo de solo. A semente deve ser colocada em uma profundidade que possibilite bom contato com a umidade do solo. Entretanto, maior ou menor profundidade de semeadura vai depender do tipo de solo. Naqueles mais pesados, com drenagem deficiente ou com fatores que dificultam o alongamento do mesocótilo (Figura 4.3), o que dificulta a emergência de plântulas, as sementes devem ser colocadas entre 3 e 5 cm de profundidade. Já em solos mais leves ou arenosos, as sementes podem ser colocadas mais profundas, entre 5 e 7 cm de profundidade, para se beneficiarem do maior teor de umidade do solo.

Digitalizado com CamScanner

Figura 4.3 - Profundidades de plantio de milho e sua relação com o sistema radicular definitivo da planta.

Fonte: Adaptado de RITCHIE; HANWAY, 1989.

No sistema plantio direto, em que há sempre acúmulo de resíduos na superfície do solo, especialmente em regiões mais frias, a cobertura morta retarda a emergência, reduz o estande e, em alguns casos, pode até causar queda no rendimento de grãos, dependendo da profundidade em que a semente foi colocada.

A profundidade do sistema radicular definitivo independe da profundidade de plantio, uma vez que o que vai variar na verdade é a capacidade de o mesocótilo se alongar mais (plantios mais profundos) ou menos (plantios mais rasos). A posição do sistema radicular definitivo vai variar muito pouco, saindo as raízes dos primeiros entrenós abaixo da superfície do solo, independentemente da profundidade de plantio. Resultados de pesquisa mostram atraso na emergência do milho em temperatura constante de 13,3 °C, ao redor de 1 dia, para cada 1 cm de aumento na profundidade de semeadura. A interação da profundidade de semeadura e os métodos de preparo do solo mostraram que, quando o teor de água e temperatura do solo não são limitantes, a profundidade da semeadura no sistema de plantio direto, levando-se em conta a cobertura morta, pode ser reduzida em 2,5 cm da média da profundidade de semeadura utilizada nos sistemas convencionais de plantio, sem causar nenhum prejuízo no tempo de

Digitalizado com CamScanner

emergência. Dados de pesquisas mostram o efeito de profundidade de semeadura sobre a emergência, vigor e duração do período de germinação na cultura do milho (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 - Porcentagem de emergência, vigor e duração do período de germinação de sementes de milho a diferentes profundidades

Profundidade (cm)	Emergência (%)	Vigor [1]	Duração média (dias)
2,5	100,0	3,0	8,0
5,0	97,5	3,0	10,0
7,5	97,5	3,0	12,0
10,0	80,0	2,5	15,0
12,5	32,5	0,7	18,0

[1]Vigor aos 22 dias após a semeadura. Notas: 3,0 (máximo vigor), zero (mínimo vigor)

Fonte: FAGUNDES, 1975 citado por BRESOLIN, 1993

Arranjo espacial de plantas

Dentro do arranjo de plantas, um componente muito importante do sistema de produção apresentou grande evolução: a densidade de semeadura, que vai depender do cultivar, da disponibilidade hídrica e dos nutrientes.

A grande mudança ocorrida na arquitetura de plantas, decorrente da redução do porte, menor inserção do ângulo foliar, maior proporção de grãos em relação à matéria seca no colmo e redução da inserção da espiga, resultou em plantas mais eficientes, produtivas, com menor porcentagem de acamamento e mais adaptadas à colheita mecânica. Já o desenvolvimento de genótipos eficientes e responsivos a melhorias de ambiente tornou possível a mudança de patamar de produtividade dos cultivares lançados pelas empresas de sementes.

De acordo com Mundstock e Silva (2006), os fatores básicos de produtividade são a utilização máxima da radiação solar, combinada

Digitalizado com CamScanner

com temperatura e disponibilidade hídrica adequadas. A otimização do potencial produtivo do milho depende da duração do período de interceptação da radiação solar incidente, da eficiência de uso da radiação interceptada na fotossíntese e da distribuição adequada dos fotoassimilados produzidos às diferentes demandas da planta (ARGENTA et al., 2003). A densidade e o arranjo de plantas têm grande importância na interceptação e na eficiência de conversão da radiação fotossinteticamente ativa interceptada pelo dossel à produção de grãos. Esse efeito é mais significativo no milho que em outras gramíneas, em razão de características morfológicas, anatômicas e fisiológicas da planta (SANGOI, 2001). O incremento na densidade de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar. Contudo, também pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e sua eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos, aumentando o intervalo entre o florescimento masculino e feminino e reduzindo o número de grãos por espiga (SANGOI et al., 2003).

A densidade de plantio, ou estande, definida como o número de plantas por unidade de área, tem papel importante no rendimento de uma lavoura de milho, uma vez que pequenas variações na densidade têm grande influência no rendimento final da cultura.

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar esse rendimento varia de 30.000 a 90.000 plantas ha^{-1}, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo do cultivar, época de semeadura e espaçamento entre linhas e nível tecnológico de cada produtor (SANGOI, 2000). Os cultivares de milho modernos, encontrados atualmente no mercado de sementes, têm recomendações de densidades de semeadura que variam de 40.000 a 80.000 plantas ha^{-1} (CRUZ; PEREIRA FILHO; QUEIROZ, 2013).

O aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por hectare é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intraespecífica proporcionado pelas diferentes densidades de planta.

Digitalizado com CamScanner

O rendimento de uma lavoura aumenta com a elevação da densidade de plantio, até atingir densidade ótima, que é determinada pelo cultivar e por condições externas resultantes de condições edafoclimáticas do local e do manejo da lavoura. A partir da densidade ótima, quando o rendimento é máximo, aumento na densidade resultará em decréscimo progressivo na produtividade de grãos da lavoura. Portanto, a densidade ótima é variável para cada situação, basicamente dependendo do cultivar, da disponibilidade hídrica e do nível de fertilidade de solo. Qualquer alteração nesses fatores, direta ou indiretamente, afetará a densidade ótima de plantio.

Época de plantio e latitude

A época de semeadura e a latitude também podem influir na escolha da densidade de plantas em milho. Em regiões de alta latitude, a duração da estação de crescimento estival é menor. Consequentemente, é necessário o uso de cultivares mais precoces para concluírem o seu ciclo. Esses genótipos demandam maior população de plantas para aumentar o rendimento de grãos (SANGOI, 2012). Em regiões temperadas e subtropicais, as semeaduras feitas no início da estação de crescimento usualmente requerem maiores densidades de plantas (ALMEIDA et al., 2000). Nesses casos, as temperaturas atmosféricas mais baixas e a menor disponibilidade de radiação solar restringem a expansão foliar e a estatura da cultura, aumentando o número de plantas necessário para otimizar a eficiência de uso da radiação solar. Quando o milho é semeado tardiamente, no final da primavera e durante os meses de verão, as condições climáticas são menos favoráveis ao desenvolvimento da planta e ao aumento da densidade (SANGOI, 2012).

Espaçamento entre linhas

Embora espaçamento mais reduzido e maiores densidades de plantio sejam práticas estudadas há décadas e com resultados promissores, a adoção tanto do aumento da densidade quanto da redução do espaçamento foi baixa. Entretanto, nos últimos anos, após o desenvolvimento de novos híbridos, de menor porte e ciclo e,

Digitalizado com CamScanner

principalmente, de colhedoras apropriadas para espaçamento mais estreito, a adoção do aumento de população e do espaçamento reduzido tem tomado novo impulso, tanto na safra quanto na safrinha (BAHIA FILHO et al., 2008). A redução na distância entre os sulcos de semeadura é uma forma de modificar o arranjo de plantas e interferir na eficácia de utilização dos recursos do meio. O desenvolvimento de híbridos tolerantes a altas densidades, o aumento no número de herbicidas para o controle seletivo de plantas daninhas em pós-emergência e a maior agilidade da indústria de máquinas agrícolas no desenvolvimento de equipamentos adaptados ao cultivo do milho com linhas mais próximas são fatores que favorecem o incremento na adoção desta prática cultural (SILVA, 2005).

Em levantamento realizado por pesquisadores da Embrapa Milho e Sorgo em 2008, verificou-se que a redução do espaçamento pelos produtores que obtiveram produtividade acima de 8 mil kg ha^{-1}, na safra normal, é um fato real: cerca de 40% desses plantaram suas lavouras com 40 a 60 cm entre linhas; entretanto, um percentual relativamente alto (43%) ainda utiliza espaçamento entre fileiras igual ou superior a 0,70 m (CRUZ et al., 2008).

Em levantamento feito nas condições da safrinha, Cruz et al. (2007), nas safras de 2008 e 2009, também comprovaram que há grande variação no espaçamento das lavouras com rendimentos superiores a 5.000 kg ha^{-1} (Tabela 4.2).

Verificou-se, nesse levantamento, que nos Estados do Paraná e São Paulo houve predomínio do uso de espaçamento maior que 70 cm, representando 62% e 87% das lavouras, respectivamente. No Estado de Goiás predomina o espaçamento reduzido e, em 69% das lavouras com alta produtividade, foi utilizado o espaçamento de 45 a 50 cm. Nos Estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso ainda não há definição clara quanto ao espaçamento a ser usado. Nesse levantamento, a produtividade média das lavouras plantadas com espaçamento reduzido (0,45 a 0,50 m) foi de 6.486 kg ha^{-1}, que não diferiu muito do rendimento das lavouras com espaçamento intermediário (0,51 a 0,70 m), que foi de 6.283 kg ha^{-1} ou com espaçamento convencional (0,71 a 0,90 m), que foi de 6.383 kg ha^{-1}.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 4.2 - Distribuição percentual dos espaçamentos entre fileira mais utilizados nas lavouras de milho safrinha com rendimentos acima de 5.000 kg ha^{-1} (amostragem de 345 lavouras)

Estado	0,45 a 0,50 m	0,51 a 0,70 m	0,71 a 0,80 m	0,81 a 0,90 m
PR	10	28	30	32
SP	0	13	47	40
MS	30	20	48	2
GO	69	5	12	14
MT	42	0	0	58

Fonte: CRUZ et al., 2007.

As seguintes vantagens são atribuídas ao espaçamento reduzido: aumento no rendimento de grãos, em virtude da melhor distribuição das plantas na área, o que contribui para a eficiência na utilização da radiação solar, água e nutrientes; melhor controle de plantas daninhas, devido ao fechamento mais rápido dos espaços entre plantas e à menor entrada de luz; redução da erosão, pela cobertura antecipada da superfície do solo; melhor qualidade de plantio, por meio da menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes, resultando em plantio com distribuição mais uniforme entre plantas nas fileiras, evitando falhas e a ocorrência de mais de uma planta juntas (duplas); e maximização do uso da semeadora, uma vez que diferentes culturas, especialmente milho e soja, poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo (ARGENTA et al., 2001; BALBINOT; FLECK, 2005; PORTER et al., 1997; ALVAREZ et al., 2006). Tem sido também mencionado que os espaçamentos reduzidos permitem melhor distribuição da palhada de milho sobre a superfície do solo, após a colheita, favorecendo assim o sistema de plantio direto.

Em espaçamentos maiores, os cultivares demoram a fechar o espaço entre linhas e, muitas vezes, nem conseguem sombrear toda a área, ocorrendo forte competição dentro das linhas enquanto entre estas há desperdício de espaço, água, luz e nutrientes (CANDIDO et al., 2008).

Digitalizado com CamScanner

Plantio manual

Em muitas regiões do Brasil, especialmente onde predominam pequenas lavouras, e na agricultura familiar ainda é muito utilizado o plantio manual do milho, o que dificulta a distribuição de sementes de maneira uniforme ao longo das linhas. Nessas situações, é comum o plantio em covas, geralmente deixando duas a três plantas por cova. As vantagens da utilização deste sistema são: o aumento no rendimento operacional na semeadura; a facilidade de controle manual e, ou, mecanizado de plantas daninhas; e a melhoria na penetração de luz para culturas consorciadas. No plantio em covas, após marcadas as linhas (espaçadas em cerca de 0,90 m a um metro), as sementes são depositadas com o auxílio de uma semeadora manual (tipo saraquá ou matraca), enxada ou outra ferramenta, em distâncias previamente estabelecidas. O objetivo maior é não se afastar muito do número estabelecido de sementes a serem distribuídas por metro linear, para manter a densidade de plantas desejada. No plantio em covas é recomendável semear 2 a 3 sementes, utilizando-se 0,40 a 0,60 m entre covas, deixando duas plantas/cova após a emergência.

Nessas situações, normalmente são utilizados espaçamentos maiores, para facilitar o sistema de consórcio e o controle de plantas daninhas com tração animal ou capina mecânica. Eles eram e ainda são comuns em pequenas propriedades, localizadas em regiões com relevo acidentado, nas quais há dificuldades para a mecanização da lavoura.

Trabalhos de pesquisa indicam não haver redução no rendimento de grãos de milho com o uso de duas a três plantas por cova quanto à distribuição uniforme de sementes na linha, desde que seja mantida a mesma densidade de plantas, de acordo com estudos de Sangoi (1990), trabalhando com uma variedade de polinização aberta e um híbrido duplo, em experimentos conduzidos em Lages, SC, durante dois anos. Este autor evidenciou que a distribuição uniforme de plantas na linha não resultou em maiores rendimentos de grãos, em comparação a arranjos com duas, três e quatro plantas por cova, na densidade de 50.000 plantas ha^{-1}, tendo obtido tetos médios de rendimento de grãos de 6.238 e 4.738 kg ha^{-1} no primeiro e no segundo ano, respectivamente. Rizzardi et al. (1994), ao trabalharem com um híbrido triplo, testando diferentes formas de distribuição das

Digitalizado com CamScanner

plantas na linha (1, 2, e 3 plantas por cova), na densidade de 65.000 plantas ha^{-1}, não observaram efeito significativo do sistema de distribuição das plantas na linha sobre o rendimento de milho, atingindo o teto de rendimento obtido de 8.929 kg ha^{-1}. Esses resultados evidenciaram que o milho é capaz de compensar espaços deixados pela desuniformidade de semeadura, desde que seja mantida a mesma população de plantas. De forma semelhante, o número de espigas por planta, a altura da inserção da espiga e a porcentagem de plantas acamadas e quebradas não foram afetados pelo aumento do número de plantas por cova, em ambos os espaçamentos entre linhas.

Fatores que contribuem para a desuniformidade na emergência

Com a evolução dos níveis tecnológicos utilizados pelos produtores mais tecnificados no Brasil, aumentou também a preocupação com a plantabilidade. Melhor distribuição das sementes em plantios de milho, principalmente quando se utiliza alta densidade, tanto em profundidade quanto em relação à distância entre as plantas nas fileiras e entre linhas, e a velocidade de plantio são fatores essenciais para aumentos significativos na produtividade do milho.

A necessidade de estabelecer estande adequado de plantas tem sido sempre um dos grandes desafios na implantação da cultura. Os equipamentos atuais de plantio, convencionais e de plantio direto, evoluíram muito, e praticamente todos os sistemas de distribuição de sementes, discos, dedos preensores e pneumática estão disponíveis no mercado nacional. Entretanto, percebe-se que o sistema de discos continua sendo utilizado na grande maioria das propriedades brasileiras, principalmente pelo menor valor de custo. Vale ressaltar, portanto, a importância de uma boa classificação de sementes para a regulagem deste sistema.

Diversos fatores podem incrementar a desuniformidade de emergência, por exemplo baixa temperatura e teor inadequado de umidade do solo por ocasião do plantio e a compactação da camada superficial, devido ao manejo inadequado. Esses problemas são mais comuns em regiões mais frias, por exemplo, no Sul, onde a germinação e a emergência podem ser atrasadas. Também podem

Digitalizado com CamScanner

ocorrer no sistema de semeadura direta e em áreas sem uniformidade na distribuição dos resíduos da cultura anterior.

Estandes desuniformes são mais comuns quando utilizadas sementes com variabilidade no tamanho e formato ou lotes com poder germinativo e vigor baixos. Variações na profundidade de semeadura ocasionam diferenças na época de emergência das plântulas. Sementes depositadas mais profundamente geralmente emergem mais lentamente que aquelas colocadas mais próximas da superfície, sob condições favoráveis de umidade no solo.

Dados de pesquisa indicam que a razão de distribuição de sementes, a uniformidade de distribuição longitudinal, o índice de emergência e a demanda de potência no trator são afetados pela velocidade de deslocamento. De maneira geral, maior velocidade de deslocamento aumenta a razão de distribuição de sementes. Em plantio direto, velocidades de deslocamento acima de 8,5 km h^{-1} podem reduzir em até 12% o índice de emergência de plântulas de milho.

Semeadoras

As semeadoras com dosador tipo disco horizontal perfurado mantêm a precisão na distribuição de sementes em níveis aceitáveis, até a velocidade de deslocamento de 6,0 km h^{-1}. Em velocidade acima de 6,0 km h^{-1}, podem comprometer a qualidade do plantio, pois ocorre falha na distribuição das sementes, pelo fato de as células (ou os furos do disco) não serem preenchidas pelas sementes quando o disco gira mais rápido. Em plantio direto, elevada velocidade de deslocamento da semeadora significa maior demanda de potência, maior mobilização de solo na linha de semeadura, redução na eficiência de corte da palha e redução na profundidade de semeadura. Ao passar da velocidade de 5,0 km h^{-1} para 8,0 km h^{-1}, a demanda de potência na barra de tração do trator praticamente duplica (FAGANELLO et al., 2011).

Elevada velocidade de operação da semeadora adubadora pode acarretar alguns problemas: irregularidade na profundidade de semeadura, que dificulta a germinação ou provoca desuniformidade na emergência do milho; e maior surgimento na linha de plantio de

Digitalizado com CamScanner

espaçamentos entre plantas dos tipos duplos e falhos, em detrimento dos espaçamentos aceitáveis. Com mais plantas duplas e falhas haverá maior competição das plantas por luz, água e nutrientes, o que afeta a produtividade da lavoura. Esses dois fatores reduzem a população de plantas e aumentam o número de plantas dominadas (Figura 4.4), prejudicando dois dos principais componentes do rendimento: o número de espigas por área e o número de grãos por espiga.

Figura 4.4 - Plantio com falhas e plantas dominadas.
Foto: Israel A. P. Filho.

A ocorrência de ataques de insetos-praga de solo na fase de plântula ou semente retarda o desenvolvimento da cultura, razão da importância da prática do tratamento de sementes com inseticidas. Nesse caso, o uso de grafite é recomendado, pois, quando a semente é tratada, ela se torna mais rugosa e diminui, consequentemente, a fluidez, o que dificulta a sua mobilidade para o furo do disco. O grafite contribui também para a lubrificação do sistema dosador da semeadora. Sua dosagem recomendada para a semente de milho é de 3 g kg^{-1} de sementes.

Digitalizado com CamScanner

Tratamento de sementes

Atualmente, o uso cada vez mais intenso das áreas e a instabilidade das condições climáticas durante a estação de cultivo têm contribuído para a ocorrência de pragas, em especial, durante as fases iniciais de desenvolvimento, comprometendo o estande da lavoura, em razão do maior número de falhas e plantas dominadas, podendo futuramente reduzir a produtividade.

O tratamento de sementes surge como uma alternativa no controle de pragas, assegurando o principal componente do rendimento da lavoura: o número de plantas por área através do menor número de falhas e maior uniformidade das plantas. Porém, é importante que seja feito o monitoramento constante da lavoura e, caso necessário, se utilizem métodos auxiliares para o controle de insetos.

O tratamento preserva a integridade física das sementes, mantendo sua qualidade, evitando quebra ou rachaduras, fato que, muitas vezes, pode ocorrer quando não é bem conduzido, devido ao uso de equipamentos inadequados. Os danos físicos às sementes resultam em problemas na embebição (absorção de água pela semente), fazendo com que nos locais onde o pericarpo (cutícula que recobre a semente) esteja danificado ocorra entrada de água e de produto em quantidade maior que em outras partes das sementes. Isso provoca danos ao embrião, gerando atrasos na germinação e emergência, causando irregularidade na lavoura e, até mesmo, perda de estande com a morte de sementes.

O tratamento de semente pode ser feito na propriedade. O produtor pode ainda adquiri-la tratada pelo processo industrial. O tratamento realizado nas propriedades é feito sem equipamentos especiais, porém, é grande o risco de variação da quantidade e na cobertura de inseticida por semente. Essa falta de precisão pode acarretar uma série de problemas futuros, por exemplo, aplicação complementar prematura em área total. É impossível aplicar o inseticida foliar apenas nas plantas atacadas por pragas, uma vez que estas estarão distribuídas ao acaso na lavoura, com diferentes doses residuais do inseticida. Isso implica gasto adicional, além de questionamentos quanto à eficiência do produto usado no tratamento;

Digitalizado com CamScanner

em médio prazo, devido à sobrevivência de pragas em razão da baixa dosagem, cria resistência dos insetos ao ingrediente ativo utilizado, reduzindo com o tempo as alternativas de controle.

As sementes tratadas industrialmente oferecem vantagens em relação às tratadas nas propriedades, como: segurança na distribuição dos produtos em cada semente, que, em razão do equipamento utilizado – tratadores de batelada –, garante cobertura e dose; manutenção da qualidade das sementes com relação ao vigor e à germinação, devido aos produtos e equipamentos empregados no tratamento; praticidade em adquirir sementes já tratadas, minimizando os riscos com intoxicações, pela menor exposição aos produtos, quando o tratamento é realizado na propriedade; e menor impacto ambiental, devido à menor quantidade de ingrediente ativo por área quando comparado com aplicações foliares (PEIXOTO, 2008).

Tratamento de sementes de milho com polímeros

Amplamente utilizado em países como Estados Unidos e Canadá e na Europa, o tratamento adicional com polímeros será mais uma novidade para auxiliar os produtores que adquirirem sementes tratadas. Entre as vantagens da adição de polímeros ao tratamento industrial de sementes podem-se citar: melhora na plantabilidade, reduzindo o número de falhas e eliminando a necessidade do uso de grafite no plantio; alto poder de adesão, fixando o ingrediente ativo dos inseticidas e fungicidas utilizados no tratamento de sementes; redução da formação de pó e, por consequência, riscos de intoxicações; alta capacidade de distribuição e recobrimento da semente.

Por fim, a técnica do tratamento de semente, desenvolvida na propriedade ou na indústria de sementes, tem por finalidades reduzir o ataque de pragas de solo, evitando, assim, o replantio; proporcionar bom índice de germinação (estande uniforme); e, consequentemente, formar uma lavoura com plantas bem distribuídas na linha (Figura 4.5) de plantio sem a presença de plantas dominadas, que são responsáveis pela queda na produtividade (PEIXOTO, 2008).

Digitalizado com CamScanner

Figura 4.5 - Distribuição uniforme de plantas na linha de plantio beneficiado pela plantabilidade, associado ao tratamento de semente. Sete Lagoas 2013.

Foto: Israel A. P. Filho.

Referências

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JÚNIOR, A.; SANGOI, L. et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 23-29, 2000.

ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.; BORGES, I.D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, p. 402-408, 2006.

ARGENTA, G.; SANGOI, G.; SILVA, P.R.F. da.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 4, p. 27-34, 2003.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

BAHIA FILHO, A.F.C.; GARCIA, J.C.; PARENTONI, S.N.; SANTANA, D.P.; CRUZ, J.C.; SCHAFFERT, R. E. Impulsionando a produção e a produtividade de

Digitalizado com CamScanner

milho e sorgo no Brasil. In: ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. (Ed.). **Agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 125-162.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho (*Zea mays*) com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 415-421, 2005.

BRESOLIN, M. **Contribuição para a cultura do milho para o Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Fundação de Ciência e Tecnologia, 1993. p. 71-93.

CANDIDO, L.S. et al. Breeding potential of maize composite Isanão VF1 in small spacing in these condgrow ingseason. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 56-64, 2008.

BUBLITZ, U. **Evolução do sistema plantio direto no paraná** - Documento elaborado pela EMATER-PR e cedido a FEBRAPDP. 4 p. Novembro de 2014.

CONAB. **Acomp. Safra bras. grãos**, v. 9, Safra 2015/16 - Nono levantamento, Brasília, p. 1-178, junho 2016

COSTA, R.V. et al. **Recomendações para a redução da incidência de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 22 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento Embrapa Milho e Sorgo).

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Milho: janela aberta. **Cultivar Grandes Culturas**, v. 14, p. 22-25, 2012.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F. de; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 42-53, 2006.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F. de; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHAES, P.C. (Ed.). **Acultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. Cap. 8, p. 171-197.

CRUZ, J.C.; PEREIRA, F.T.F.; PEREIRA FILHO, I.A.; OLIVEIRA, A.C. de; MAGALHAES, P.C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n. 1, p. 60-73, 2007.

CRUZ. J.C.; PEREIRA FILHO. I.A.; QUEIROZ, R.L. Safra dos trangênicos. **Revista Cultivar**, n. 171, p. 20-35, Ago. 2013.

DUARTE, A.P.; CRUZ, J.C. Manejo do solo e semeadura do milho safrinha. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 6.; CONFERÊNCIA NACIONAL DE PÓS-COLHEITA, 2.; SIMPÓSIO EM ARMAZENAGEM DE GRÃOS DO MERCOSUL, 2., 2001, Londrina, PR. **Valorização da produção e conservação de grãos no Mercosul**: resumos e palestras. Londrina, PR: FAPEAGRO/ IAPAR, 2001. p. 45-71.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. **Recomendações técnicas para a cultura da soja na Região Central do Brasil 1996/97**. Londrina, PR, 1996. 164 p. (Embrapa Soja – Documentos, 96).

FAGANELLO et al. Mecanização. In: CRUZ, J.; MAGALHÃES, P.C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J.A.A. **Milho**: coleção 500 perguntas, 500 respostas. Brasília, DF: Embrapa, 2011. p. 37-51.

FAVARIN, J.L.; FRANÇA, G.V. de. Manejo e conservação do solo em áreas irrigadas. In: FANCELLI, A.L. (Coord.). **A cultura do feijão irrigado**. Piracicaba, SP: FEALQ/ ESALQ/USP, Dep. de Agricultura, 1990. 136 p.

FORCELLA, F.R.G.; WILSON, K.A.; RENNER, J.; DEKKER, R.G.; HARVEY, D.A.; ALM, D.D.; BUHLER, A.; CARDINA, J. Weed seed banks of the U.S. Corn Belt: Magnitude, variation, emergence, and application. **Weed Sci.**, v. 40, p. 636-644, 1992.

MANTOVANI, E. C.; CRUZ, J.C.; OLIVEIRA, A.C. de. Avaliação em campo de uma semeadora-adubadora para plantio de milho de alta densidade. In: FURLANI, C.E.A.; SILVA, R.P.; ROSALEN, D.L. **Os desafios para o desenvolvimento rural sustentável**. Jaboticabal, SP: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2013. 1 CD-ROM. ISBN: 978-85-64681-02-6.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. da. O cultivo do milho para altos rendimentos. **Sednews**, Pelotas, RS, v. 10, n. 3, p. 22-27, Maio/Jun. 2006.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. da. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Porto Alegre, RS: Departamento de Plantas de Lavoura da UFRGS, Evangraf, 2005. 51 p.

PEIXOTO, C.M. Tratamento de industrial de sementes Pioneer. In: PEIXOTO, C.M. (Ed.). **Guia do milho da Pioneer sementes**. Santa Cruz do Sul, SC: Editor, 2008. p. 18-25.

PEIXOTO, C.M. Mais plantas, menos espaço. **Cultivar**, Pelotas, RS, p. 25-28, 2002.

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

RITCHIE, S.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa: Iowa State University of Science and Technology, Cooperative Extension Service, 1989. (Special Report, 48).

RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1231-1236, 1994

RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1231-1236, 1994

SANGOI, L. Arranjo de plantas e características agronômicas de genótipos de milho em dois níveis de fertilidade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 7, p. 945-953, 1990.

Digitalizado com CamScanner

SANGOI, L. Estratégias de manejo do arranjo de plantas de milho. In: PETERNIANI, M.E.A.G.Z.; DUARTE, A.P.; TSUNECHIRO, A. (Ed.). In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO – Diversidade e inovações na era dos transgênicos., 29., 2012, Águas de Lindóia, SP. **Palestras...** Campinas, SP: Instituto Agronômico; Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2012. p. 197-214.

SANGOI, L. et al. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Cienc. Rural**, Santa Maria, RS, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 31, p. 159-168, 2001.

SANS, Luiz Marcelo; GUIMARÃES, Daniel Pereira. Zoneamento Agrícola. In: CRUZ, J.C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 6. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.

EMBRAPA MILHO E SORGO. **Sistema de produção**, 1. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm>. Acesso em: 8 Out. 2013.

SILVA, A.K. Redução do espaçamento entrelinhas na cultura do milho. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO, 5., 2005, Chapecó, SC. **Resumos expandidos...** Chapecó, SC: Epagri/Cepaf, 2005. p. 27-30.

WILDNER, L. do P. Manejo do solo para a cultura do feijão: principais características e recomendações técnicas. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DIFUSÃO DE TECNOLOGIA DA SANTA CATARINA S.A. **A cultura do feijão em Santa Catarina**. Florianópolis, SC: EPAGRI, 1992. p. 83-114.

Digitalizado com CamScanner

RECOMENDAÇÃO DE CORRETIVOS E ADUBAÇÃO 5

Leonardus Vergütz[1], *Roberto Ferreira de Novais*[2] e *Rafael Vasconcelos Valadares*[3]

A alta exigência nutricional da cultura do milho é a principal razão pela qual áreas recém-abertas na região do Cerrado são cultivadas por alguns anos com soja para, posteriormente, introduzir-se o milho (NOVAIS; SMYTH, 1999). Esse cultivo inicial com soja contribui para a melhoria química do perfil do solo, necessária para o sucesso do cultivo de milho. Ainda, segundo esses autores, isso deve-se, principalmente, à limitada absorção de N pelo milho quando o P é limitante. Em solos de Cerrado, essa limitação está ligada à pobreza natural destes, somada ao seu grande poder de fixação de P.

A interação entre melhoramento genético e adoção de práticas culturais adequadas acarretou aumento contínuo da produtividade mundial de milho desde a década de 1930 (RUSSEL, 1991). Porém, a avaliação da fertilidade dos solos e a exportação de nutrientes pela cultura têm mostrado que esse aumento de produtividade não é acompanhado pelo manejo correto da fertilidade. As atuais recomendações de adubação foram desenvolvidas para diferentes materiais genéticos (menos produtivos, não transgênicos etc.), diferentes práticas agronômicas, mas não foram otimizadas, pois, na

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: leonardus.vergutz@ufv.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: rfnovais@ufv.br
[3] Engenheiro-Agrônomo, M.S. e Doutorando da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: rafaelvvaladares@hotmail.com

Digitalizado com CamScanner

maioria das vezes, recomendam-se menores doses de nutrientes que as exportadas pela cultura (BENDER et al., 2013).

O método de recomendação de corretivos e fertilizantes adotado no País baseia-se na avaliação da fertilidade do solo, por meio de extratores como o Mehlich-1 ou a resina mista. A partir dos resultados é possível avaliar a disponibilidade de nutrientes e, com base na demanda da cultura, recomendar as doses de fertilizante necessárias para se atingir a máxima eficiência econômica. As tabelas existentes no país também encontram-se defasadas e necessitam, portanto, de nova calibração para os híbridos e práticas culturais atuais.

Embora desatualizadas, essas tabelas são o referencial para qualquer recomendação de corretivos e fertilizantes. Parte dessa desatualização refere-se à produtividade almejada, considerada baixa para os padrões atuais. Assim, algumas sugestões são dadas sobre como proceder quanto à recomendação de fertilizantes para as condições atuais de cultivo do milho. Portanto, objetiva-se, neste capítulo, orientar o leitor sobre como avaliar a fertilidade do solo e recomendar corretivos e fertilizantes para o cultivo do milho.

Amostragem de solo

Para fins de recomendação de corretivos e fertilizantes, a amostragem de solo deve ser feita na camada de 0-20 cm de profundidade. Caso haja interesse em corrigir o perfil do solo em profundidade por meio da gessagem, a camada de 20-40 cm também deverá ser amostrada. Cabe ressaltar que essa correção do perfil do solo tem apresentado efeitos positivos para a cultura do milho, aumentando o volume de solo explorado pelas raízes e, consequentemente, diminuindo problemas com veranico, aumentando assim a produtividade.

O primeiro passo para se realizar a amostragem é dividir a área em glebas. Não existe um tamanho limite para cada gleba. O importante é que dentro de cada uma delas as características de relevo, solo (cor, textura, classe de solo), o histórico de uso da área, manejo e adubação sejam os mesmos (CANTARUTTI et al., 1999).

Digitalizado com CamScanner

Após a separação da área em glebas, devem ser retiradas aleatoriamente 20 a 40 amostras simples, da área da gleba, utilizando-se o mesmo equipamento para cada uma delas. Posteriormente, em um recipiente limpo (balde), essas amostras oriundas de uma mesma gleba devem ser misturadas, homogeneizadas e, então, uma fração de aproximadamente ½ kg dessa amostra, agora denominada amostra composta, deve ser identificada e enviada ao laboratório em um saco plástico. Desse modo, tem-se uma amostra composta por gleba e por profundidade amostrada.

Correção da acidez do solo e suprimento de Ca e Mg

Estes procedimentos são importantes em qualquer cultura, incluindo a do milho. Nos EUA, onde a produtividade é elevada, admite-se que o pH ideal para essa cultura gire em torno de sete (LEIKAM et al., 2003), que é elevado para as condições químicas de nossos solos.

Não se pode pensar em grande produtividade recomendando elevadas doses de fertilizantes NPK sem antes corrigir a acidez do solo e suas deficiências de Ca e Mg. Muitos agricultores, preocupados em economizar, não realizam a calagem, embora mantenham as doses de fertilizantes sugeridas. O que esses agricultores muitas vezes não sabem é que as características de um solo com baixo pH impedem as plantas de responderem adequadamente ao suprimento dos nutrientes.

A recomendação de calagem pode ser feita basicamente por três métodos no país. Na Região Sul, onde se emprega o método SMP, a quantidade de calcário a ser recomendada para a cultura do milho deve visar à elevação do pH do solo para seis (TEDESCO et al., 2004).

Para o método do controle da acidez trocável (Al^{3+}) e fornecimento de Ca^{2+} + Mg^{2+} (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999), utiliza-se a equação:

$$NC\ (t\ ha^{-1}) = (Y\ Al^{3+}) + [2{,}5 - (Ca^{2+} + Mg^{2+})] \qquad \text{Equação 5.1}$$

Digitalizado com CamScanner

em que NC é a necessidade de calagem (t ha^{-1}); Y está relacionado ao poder-tampão do solo e varia de 0 a 4, dependendo do teor de argila (quanto mais argiloso, maior será o valor de Y); e Al^{3+}, Ca^{2+} e Mg^{2+} são os teores trocáveis destes elementos oriundos da análise química do solo. De modo geral, pode-se admitir que Y = 2. Assim, quando o solo for argiloso (> 35% de argila), acrescenta-se a NC em 25%. Porém, quando o solo for arenoso (< 15 % de argila), essa dose sofre redução de 25%.

Para o método da elevação da saturação por bases (V%) (ALVAREZ V.; RIBEIRO, 1999), tem-se:

$$NC\ (t\ ha^{-1}) = \left(\frac{V_e - V_a}{100}\right) T \qquad \text{Equação 5.2}$$

em que V_e é a saturação por bases recomendada para a cultura – no caso do milho é 60%; V_a é a saturação por bases atual do solo; e T, a CTC a pH 7, ambas encontradas na análise química do solo.

Esses métodos foram calibrados para possibilitarem a máxima eficiência econômica das culturas. Porém, como são diferentes, cada um deles poderá recomendar quantidades variadas de calcário. Geralmente, o método da elevação da saturação por bases sugere doses menores de calcário quando o solo é bastante arenoso, o que pode levar à recomendação de doses insuficientes para a cultura do milho. Já no método do controle da acidez trocável (Al^{3+}) e fornecimento de Ca^{2+} e Mg^{2+} recomendam-se doses desnecessariamente altas em alguns casos. Para evitar o problema de sugerir dose insuficiente pelo método da elevação da saturação por bases (Equação 5.2), a NC deve ser igual ou superior à parte da fórmula que visa ao suprimento de Ca e Mg na Equação 5.1 (2,5 – (Ca^{2+} + Mg^{2+})). Isso garante que essa recomendação atenderá à necessidade da cultura. Porém, a recomendação de doses elevadas pelo método do controle de Al^{3+} e fornecimento de Ca e Mg é evitada ao comparar-se a necessidade de calagem (NC) com a acidez potencial (H+Al) na análise química do solo. O valor da NC não pode ultrapassar o de (H+Al), uma vez que esse representa a acidez entre o pH atual do solo e o pH 7. Teoricamente, caso a NC seja numericamente igual à (H+Al), essa recomendação terá o potencial de elevar o pH do solo para sete, o que, de modo geral, é excessivo.

Digitalizado com CamScanner

Além desses aspectos, a decisão sobre quais métodos utilizar deverá basear-se também em questões financeiras e no efeito residual das doses aplicadas. Quanto maior a dose recomendada, maior será o custo associado, incluindo a compra do calcário e também seu transporte e aplicação. Porém, o efeito residual também será maior. De maneira geral, a tendência para culturas de ciclo curto como o milho é de se utilizarem doses menores aplicadas em intervalos de tempo menores, ou seja, aplicações de doses menores repetidas a cada dois ou três anos.

Após o cálculo da NC, a quantidade de calcário (QC) a ser efetivamente aplicada em área total deverá ser corrigida pelo Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário, utilizando-se a equação:

$$QC\ (t\ ha^{-1}) = NC\ \frac{100}{PRNT} \qquad \text{Equação 5.3}$$

em que QC é dada em t ha^{-1}; NC é a necessidade de calcário; e PRNT é o Poder Relativo de Neutralização Total do calcário em porcentagem. A aplicação de calcário para a cultura do milho deve ser feita em área total e, para o milho cultivado em sistema de plantio direto, a dose recomendada deve ser reduzida pela metade (½ NC – OLIVEIRA et al., 2002). Embora a recomendação para o plantio direto seja de ½ NC sugerida para o cultivo convencional, esses autores mostraram que mesmo doses completas recomendadas para incorporação na camada de 0-20 cm são seguras para utilização em áreas de plantio direto que não usam revolvimento do solo. Maiores informações sobre o manejo da acidez do solo em sistemas de plantio direto podem ser encontradas em Oliveira et al. (2002).

Ao realizar a calagem, eliminam-se problemas relacionados à toxidez por Al^{3+}, suprindo Ca e Mg para a cultura. Cabe ressaltar que, na compra do calcário, além de questões econômicas (custo do calcário posto na fazenda), deve-se atentar para suas relações Ca/Mg. Relações Ca/Mg desejáveis no solo para a cultura do milho giram em torno de 4/1.Porém, cabe ressaltar que essa relação pode ser mais ampla, sem prejudicar a produtividade do milho, desde que existam pelo menos 0,5 $cmol_c/dm^3$ de Mg no solo (COELHO, 1994). Dessa maneira, em solos com baixos teores de Mg, o uso de calcário calcítico com menos de 5% de MgO poderá ocasionar desequilíbrio

Digitalizado com CamScanner

nutricional, induzindo à deficiência de Mg. Nessa situação, recomenda-se o calcário dolomítico (mais de 12% de MgO).

Caso o solo apresente algum impedimento químico ao bom crescimento radicular em subsuperfície, o uso do gesso agrícola é recomendado. Ao condicionar (melhorar quimicamente) o perfil do solo, diminuindo a toxidez por Al e aumentando os teores de Ca, Mg e K em profundidade, assegura-se adequado ambiente para o crescimento radicular. Assim, a cultura poderá explorar maior volume de solo, com acesso à maior quantidade de nutrientes e de água, conferindo-lhe resistência a veranicos. Recomenda-se a gessagem sempre que uma das seguintes características se encontrar na camada subsuperficial de 20-40 cm: $\leq 0,4$ $cmol_c dm^{-3}$ de Ca^{2+} e, ou, $> 0,5$ $cmol_c$ dm^{-3} de Al^{3+} e, ou, > 30% de saturação por Al^{3+} (LOPES, 1989 citado por ALVAREZ V. et al., 1999). A gessagem (NG) pode ser recomendada de acordo com o teor de argila ou P remanescente (P-rem) (Tabela 5.1) ou conforme a necessidade de calagem, sugerindo-se 25% da NC (ALVAREZ V. et al., 1999), que deve ser aplicada em adição à dose de calcário.

Tabela 5.1 - Gessagem (NG) recomendada a partir do teor de argila ou do P remanescente (P-rem)

Argila	NG	P-rem	NG
%	$t\ ha^{-1}$	$mg\ L^{-1}$	$t\ ha^{-1}$
0 – 15	0,00 – 0,40	0 – 4	1,70 – 1,31
16 – 35	0,41 – 0,80	5 – 10	1,30 – 1,01
36 – 60	0,81 – 1,20	11 – 19	1,00 – 0,71
61 – 100	1,21 – 1,60	20 – 30	0,70 – 0,41
		31 – 44	0,40 – 0,21
		45 – 60	0,21 – 0,0

Fonte: ALVAREZ V. et al., 1999.

Após determinação da NG, a quantidade de gesso (QG) a ser aplicada em área total é calculada de forma semelhante à QC.

Digitalizado com CamScanner

levando-se em consideração a camada a ser corrigida, de acordo com a equação:

$$QG\ (t\ ha^{-1}) = NG\ \frac{EC}{20} \qquad \text{Equação 5.4}$$

em que EC é a espessura da camada subsuperficial a ser corrigida (por exemplo, para a correção da camada de 20-40 cm EC = 20, já para a correção da camada de 20-50 cm, EC = 30).

Porém, caso a gessagem seja recomendada somente para a correção da deficiência de S, 300 kg ha^{-1} de gesso são suficientes para atender à demanda da cultura.

Recomendação de adubação

De maneira geral, as tabelas de recomendação de corretivos e fertilizantes no país – 5ª aproximação (RIBEIRO et al., 1999), Boletim 100 (Van RAIJ et al., 1997), Cerrado (SOUZA; LOBATO, 2004), Manual de Adubação e de Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (TEDESCO et al., 2004), entre outras – apresentam fundamentação parecida e sugerem quantidades semelhantes de fertilizantes, tanto para a produção de grãos quanto de silagem. No caso do milho silagem, como a extração de nutrientes é maior (principalmente de K), a recomendação de fertilizantes também é maior, visando à sustentabilidade do sistema. As sugestões de corretivos e fertilizantes por essas tabelas baseiam-se na produtividade esperada e na avaliação da fertilidade do solo por meio de extratores químicos.

No país, a avaliação da disponibilidade de P e K é usualmente feita por dois extratores: o Mehlich-1 e a Resina de Troca Mista. O Mehlich-1 é uma mistura de ácidos (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}), já a Resina de Troca Mista é formada por polímeros (esféricos ou laminares) carregados com cargas positivas e negativas. A Resina é o método oficial do Estado de São Paulo, enquanto o restante do país emprega o Mehlich-1. Para o K, ambos os extratores apresentam capacidades similares de extração, o que não ocorre para o P.

Digitalizado com CamScanner

A fundamentação teórica das resinas (simples ou mistas) é de que elas imitam a função das raízes, adsorvendo o nutriente em solução e forçando seu ressuprimento a partir da fase sólida do solo. Porém, apesar de esse comportamento ser similar ao das plantas, elas não apresentam comportamento tão passivo assim. Caso um nutriente esteja deficiente no solo, as plantas utilizam uma série de mecanismos para melhorar a sua absorção. Elas alteram o pH rizosférico, modificam a razão parte aérea/raiz e interagem com micorrizas, além de produzir uma série de exsudatos radiculares, incluindo ácidos orgânicos e sideróforos (composto com alta afinidade por Fe produzido por plantas e microrganismos, que favorece a aquisição desse e de outros micronutrientes e também de P). Nessas condições, a resina pode correlacionar adequadamente o que a planta absorve.

O método Mehlich-1 foi desenvolvido para solos intemperizados e pobres em P, como os nossos de modo geral, onde as formas principais de P são aquelas ligadas (adsorvidas) a Fe e a Al (P-Fe e P-Al). Por ser um extrator ácido, ele extrai eficientemente P-Ca, forma predominante de P em solos jovens e com pH e teor de Ca elevados. Porém, P-Ca é uma das formas menos lábeis (mais estáveis) de P para as plantas. Quando o Mehlich-1 é empregado em solos ricos com essa forma de P, o teor extraído tem sua correlação diminuída com o que a planta absorve. Isso tem se tornado um problema em solos com fertilidade construída, ou seja, os que apresentam elevados teores de Ca e pH ou que foram adubados com rochas fosfáticas (reativo ou não reativo). Adicionalmente, o Mehlich-1 é sensível ao poder-tampão dos solos. Quanto maior o teor de argila (ou menor o P remanescente – P-rem), menores os teores de P extraídos do solo. Por esse motivo, as tabelas de avaliação da disponibilidade de P exibem diferentes classes, dependendo do teor de argila ou do P-rem (Tabela 5.2).

De posse da análise química do solo, o primeiro passo para se recomendarem fertilizantes é avaliar a disponibilidade de nutrientes (Tabela 5.2). Com base na análise química do solo, os teores de P e K são classificados de acordo com os níveis baixo, médio ou alto (Tabela 5.2). Caso a avaliação da disponibilidade de P tenha sido feita utilizando-se o método da resina, ela deve ser classificada de acordo com a faixa de menor teor de argila (0% a 15%), uma vez que esse extrator não é sensível ao poder-tampão do solo.

Digitalizado com CamScanner

Após classificada a fertilidade quanto a P e K do solo, prossegue-se com a recomendação, de acordo com Tabela 5.3. Nesse ponto, deve-se decidir a respeito da produtividade esperada, a qual depende do nível técnico do produtor e do histórico da área.

Tabela 5.2 - Classe de interpretação da disponibilidade de P e K

Característica	Classificação		
	Baixo	Médio	Alto
P-rem (mg L^{-1})[1]	*P disponível (mg dm^{-3})*[2]		
0,0 – 4,0	≤ 4,3	4,4 – 6,0	≥ 6,1
4,1 – 10,0	≤ 6,0	6,1 – 8,3	≥ 8,4
10,1 – 19,0	≤ 8,3	8,4 – 11,4	≥ 11,5
19,1 – 30,0	≤ 11,4	11,5 – 15,8	≥ 15,9
30,1 – 44,0	≤ 15,8	15,9 – 21,8	≥ 21,9
44,1 – 60,0	≤ 21,8	21,9 – 30,0	≥ 30,1
Argila (%)			
60,1 – 100,0	≤ 5,4	5,5 – 8,0	≥ 8,1
35,1 – 60,0	≤ 8,0	8,1 – 12,0	≥ 12,1
15,1 – 35,0	≤ 12,0	12,1 –20,0	≥ 20,1
0,0 – 15,0	≤ 20,0	20,1 – 30,0	≥ 30,1
	K disponível (mg dm^{-3})[2]		
	≤ 40	41 – 70	≥ 71

[1]Concentração de P da solução de equilíbrio após agitar durante uma hora a TFSA (amostra de solo – terra fina seca ao ar) com solução de $CaCl_2$ 10 mmol L^{-1}, contendo 60 mg L^{-1} de P, na relação 1:10. [2]Método Mehlich-1.

Fonte: Extraído e adaptado de ALVAREZ V. et al., 1999. A adaptação deve-se ao fato de que em ALVAREZ V. et al. (1999) há cinco classes de disponibilidade de P e K (muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto). Aqui essas cinco classes estão agrupadas em três (baixo, médio e alto).

Um dos problemas apresentados por essas tabelas diz respeito às produtividades almejadas, consideradas baixas para as condições atuais, assim como às quantidades de fertilizantes recomendadas por elas. Ao comparar as nossas recomendações (Tabela 5.3) com aquelas para o cultivo de milho nos Estados Unidos, percebe-se que as produtividades esperadas e as doses recomendadas de fertilizante são

Digitalizado com CamScanner

superiores àquelas sugeridas em nossas condições, em particular para o N. A máxima produtividade desejada, de acordo com a *Kansas University*, é de 13.800 kg ha^{-1}, e a recomendação de N, P_2O_5 e K_2O, quando à disponibilidade desses nutrientes no solo é baixa: 370, 90 e 112 kg ha^{-1}, respectivamente (LEIKAM et al., 2003).

De acordo com a 5ª aproximação (Tabela 5.3), a adubação nitrogenada para o plantio do milho varia entre 10 e 30 kg ha^{-1} e é também conhecida como adubação de arranque. Não está relacionada com a produtividade, por isso independe da produtividade desejada. O que vai definir a recomendação da dose de N a ser aplicada no plantio é o histórico da área. Caso a cultura do milho seja implantada em área anteriormente cultivada com leguminosa, por exemplo a soja, que fixa o N_2 atmosférico, essa recomendação pode ficar próxima do limite inferior de 10 kg ha^{-1}. Mas, se a cultura do milho estiver sendo implantada em uma área de plantio direto, onde há grande quantidade de palhada com elevada relação C/N, a recomendação deve ficar próxima do limite superior de 30 kg ha^{-1} de N. Isso porque, nessas condições, parte do N adicionado como fertilizante será imobilizado pela microbiota do solo durante a decomposição dessa palhada.

Quanto à adubação nitrogenada de produção, esta sim varia com a produtividade desejada e pode ou não ser parcelada, dependendo da dose e da textura do solo. Se for feita em uma única aplicação, ela deve ser realizada quando as plantas apresentarem sete a oito folhas totalmente emergidas (COELHO; FRANÇA, 1995). De maneira geral, a recomendação é de que ela deverá ser dividida caso o solo seja arenoso e, ou, as doses recomendadas sejam muito altas. Para solos de textura média a argilosa (15% a 60% de argila), doses acima de 100 e 150 kg ha^{-1} de N, respectivamente, devem ser divididas em duas aplicações iguais. A primeira quando as plantas apresentarem quatro a seis folhas e a segunda, quando mostrarem de oito a dez folhas (COELHO; FRANÇA, 1995). Caso o solo apresente textura arenosa (< 15% de argila), a adubação nitrogenada deve ser parcelada igualmente em três vezes, visando diminuir as perdas por lixiviação e melhorar a eficiência das plantas em absorver esse nutriente. Quando o fertilizante nitrogenado é a ureia, cabe ressaltar que, caso os cuidados com temperatura e umidade do solo e incorporação do fertilizante não sejam levados em consideração, as perdas de N podem superar 50% do N aplicado.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 5.3 - Recomendação de doses de N, P_2O_5 e K_2O para o milho grão e silagem

Produtividade	Dose N plantio	Disponibilidade de P			Disponibilidade de K			Dose N cobertura
		Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	
		------Dose de P_2O_5-----			------Dose de K_2O-----			
Milho grão								
t ha^{-1}	----------kg ha^{-1}----------							
4,0 – 6,0	10 – 30	80	60	30	50	40	20	60
6,1 – 8,0	10 – 30	100	80	50	70	60	40	100
> 8,0	10 – 30	120	100	70	90	80	60	140
Milho silagem								
t ha^{-1}	----------kg ha^{-1}----------							
30,0– 40,0	10 – 30	80	60	30	100	80	40	80
40,1– 50,0	10 – 30	100	80	50	140	120	80	130
> 50,0	10 – 30	120	100	70	180	160	120	180

Fonte: ALVES et al., 1999.

Digitalizado com CamScanner

A adubação fosfatada (Tabela 5.3) dependerá da disponibilidade de P (Tabela 5.2) no solo e deverá ser aplicada diretamente no sulco de plantio, de modo a atender à demanda da cultura. Um aspecto muito importante da cultura do milho refere-se ao fato de ela ser extremamente exigente quanto aos teores mínimos de P no solo, ou seja, a produtividade é limitada quando os teores de P são baixos (Tabela 5.2), mesmo sugerindo-se doses mais elevadas nessa situação (recomendação de doses mais elevadas de P quando a disponibilidade é baixa – Tabela 5.3). Isso acontece devido à limitada absorção de N pelo milho quando o P é limitante (NOVAIS; SMYTH, 1999). Portanto, solos com baixos teores de P (Tabela 5.2) não são indicados para o cultivo do milho, uma vez que precisam ter sua fertilidade melhorada, como ocorre com os solos recém-abertos de Cerrado. Problema semelhante pode acontecer em sistemas de integração lavoura-pecuária (ILP) que consorciam milho e pastagem visando melhorar a fertilidade do solo para a pastagem via adubação da cultura do milho. Quando os teores de P são baixos (pastagens degradadas), há queda na produtividade, mesmo com elevadas adubações fosfatadas.

A adubação potássica também é recomendada de acordo com a disponibilidade de K no solo e é feita no momento do plantio. Porém, caso exceda a dose de 60 kg ha^{-1} de K_2O, o ideal é que essa adubação seja parcelada, principalmente em solos mais arenosos. Nesse caso, toda a adubação potássica deve ser feita até no máximo 30 dias após o plantio, de modo a atender às demandas da cultura e não causar prejuízos à produção, dadas as perdas por lixiviação e o elevado efeito salino do KCl (COELHO; FRANÇA, 1995). Esse parcelamento do K poderá ser feito em conjunto com a cobertura de N.

Uma alternativa à adubação potássica ora mostrada é a prática conhecida como potassagem, em que o objetivo é elevar os teores de K no solo para patamares que permitam maior produtividade. Nesse caso, as doses recomendadas são maiores e a aplicação é feita em área total antes do plantio do milho. Essa prática visa elevar os teores de K na camada de 0-20 cm de solo para 150 mg dm^{-3}, o que pode ser feito utilizando-se a equação:

$$KCl\ (kg\ ha^{-1}) = (150 - K)\ 4{,}2 \qquad \text{Equação 5.5}$$

Digitalizado com CamScanner

em que *KCl* é a quantidade de KCl a ser aplicada em área total em kg ha^{-1}; 150 é o teor de K desejado no solo (mg dm^{-3}); *K* é o teor atual de K no solo (mg dm^{-3}); e 4,2 é o fator de correção para que o resultado seja apresentado em kg ha^{-1} de KCl.

A 5ª aproximação ainda chama atenção para a recomendação de Zn e S para a cultura do milho, sugerindo 1 a 2 kg ha^{-1} de Zn para solo deficiente e 30 kg ha^{-1} de S quando forem utilizados adubos concentrados que não contêm este elemento. Esses problemas podem ser facilmente resolvidos pela utilização de formulações NPK enriquecidas com Zn (algo em torno de 0,5% a 0,7% de Zn) ou que contenham S. Adicionalmente, o uso de gesso na cultura, além de condicionar o solo em subsuperfície, também supre a necessidade de S. Cabe ressaltar que a deficiência de Zn em cultivos de milho é muito comum em solos de Cerrado, uma vez que esses apresentam baixos teores deste elemento. Com relação aos demais micronutrientes, embora suas deficiências não sejam frequentes como a do Zn, o manejo inadequado do solo, solos muito arenosos, com baixos teores de matéria orgânica e elevadas produtividades são fatores que podem levar a respostas da cultura do milho ao suprimento desses nutrientes.

Embora os solos brasileiros apresentem, em sua maioria, fertilidade mais baixa que os dos Estados Unidos, concursos de produtividade de milho realizados no Brasil mostram que a máxima produtividade no país está mais próxima das máximas produtividades conseguidas em solos americanos. Enquanto o famoso produtor norte americano Kip Cullers detém o recorde atual de produtividade de milho dos Estados Unidos (22.920 kg ha^{-1}), o recorde brasileiro é de 18.720 kg ha^{-1} (produtor Dimas Alencar – Concurso de Produtividade Dekalb 2011). Porém, quanto maiores as produtividades alcançadas, maior será a quantidade de nutrientes exportada e, consequentemente, maiores as necessidades de adição de fertilizantes (Tabela 5.4). Com essas elevadas produtividades, atenção especial deve ser dada ao N e ao K, os quais são requeridos em maiores quantidades. Em geral, as tabelas de recomendação de fertilizantes utilizadas no país têm sugerido doses menores que as requeridas para essas produtividades. Em trabalho recente, desenvolvido por Benderet al. (2013), no qual foi avaliada a necessidade de nutrientes por híbridos transgênicos modernos de milho, foi relatado que as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura para produzir 12 t ha^{-1} de grãos (23 t ha^{-1} de

Digitalizado com CamScanner

biomassa total) são de: 286 kg N; 50 kg P; 168 kg K; 59 kg Mg; 26 kg S; 1,4 kg Fe; 0,5 kg Zn; 0,1 kg Cu; e 0,08 kg B.

Tabela 5.4 - Quantidade de nutrientes extraídos pela cultura do milho para diferentes níveis de produtividade e porcentagem desses nutrientes exportada nos grãos

Produção	Nutriente extraído				
	N	P	K	Ca	Mg
t ha^{-1}	kg ha^{-1}				
3,65	77	9	83	10	10
5,80	100	19	95	17	17
7,87	167	33	113	27	25
9,17	187	34	143	30	28
10,15	217	42	157	32	33
Exportação pelos grãos (%)	70-77	77-86	26-43	3-7	47-69

Fonte: COELHO; FRANÇA, 1995.

É interessante notar que, por ocasião da abertura dos solos de Cerrado, o elemento limitante ao cultivo de milho era o P. Somente após alguns anos de cultivo de soja é que a cultura do milho se tornaria viável (NOVAIS; SMYTH, 1999). Após a elevação da fertilidade do solo pelo cultivo sucessivo de culturas como o arroz e a soja, as produtividades de milho aumentaram e a cultura do milho passou a ser mais responsiva ao fornecimento do N. Atualmente, com o novo patamar de produtividade da cultura do milho (> 10 t ha^{-1} de grãos), comumente o nutriente limitante passou a ser o K e a cultura do passou a apresentar respostas mais frequentes a este nutriente.

Obviamente, para que elevadas produtividades de milho sejam alcançadas, todo o manejo da cultura e as condições climáticas têm de ser adequados. Antes de fazer maciças fertilizações, com o intuito de atingir altas produtividades, o produtor deve estar ciente de que as demais características físicas e químicas do solo têm de ser ótimas. Dessa maneira, o solo não pode apresentar impedimentos químicos (Al^{3+}) ou físicos (compactação), o perfil do solo em

Digitalizado com CamScanner

subsuperfície deve ser corrigido visando ao maior aprofundamento de raízes e à exploração do solo, práticas que elevem os teores de matéria orgânica devem ser adotadas, assim como a fertilidade do solo elevada. Portanto, essas produtividades não serão alcançadas em solos de baixa ou média fertilidade, mesmo com a aplicação de consideráveis doses de N, P e K. Em solos pobres do Cerrado brasileiro, essa melhoria da fertilidade é conseguida ao longo dos anos e com a adoção de boas práticas de manejo, como o plantio direto e a rotação de culturas.

Quanto à fertilidade do solo, para que a área tenha capacidade de sustentar produtividades elevadas, ela deve apresentar fertilidade alta (Tabela 5.2). Dessa maneira, a adubação será feita apenas com o intuito de manter a fertilidade do solo e repor o que será exportado com a cultura. Caso a área apresente as condições necessárias à elevada produtividade (fertilidade alta, clima adequado e correto manejo de pragas e doenças), a recomendação de adubação pode ser fundamentada nas quantidades exigidas para a produtividade desejada e no índice de colheita, que é a quantidade de nutrientes exportada pelos grãos (Tabela 5.4). Quanto mais elevado o índice de colheita, maior a necessidade de reposição para manutenção da sustentabilidade do sistema e para que a produtividade desejada seja atingida. Dessa maneira, o manejo da palhada é extremamente importante, em especial para aqueles nutrientes que apresentam baixo índice de colheita.

Considerações sobre correção e adubação de segunda safra

O cultivo do milho em segunda safra, antigamente conhecido como safrinha, é praticado em boa parte do País. O que começou como uma aposta dos produtores brasileiros, atualmente faz parte de um sistema produtivo único, com cultivares e manejo adaptados que permitem duas safras em um mesmo ano. O plantio geralmente é feito a partir da segunda quinzena de fevereiro até meados de março, sendo eventualmente antecipado para final de janeiro. Quanto mais cedo for o plantio, menores são as incertezas associadas ao clima em cultivo de

Digitalizado com CamScanner

sequeiro. Isso permite maior investimento em práticas como a fertilização, dada a maior probabilidade de retorno financeiro.

Para adequar o manejo da fertilidade do solo para o milho de segunda safra, o responsável técnico deve ter cautela ao avaliar a viabilidade do empreendimento. Ele deve ponderar sobre o tipo de solo, clima, cultura antecessora, nível tecnológico, aspectos gerenciais da propriedade e do mercado. Idealmente, por se tratar de uma nova safra, todos os aspectos técnicos elencados devem ser considerados. Em cultivo de sequeiro, maior atenção deve ser dada à época de plantio, ao material genético e, preferencialmente, deve-se adotar a segunda safra em solos com fertilidade corrigida. Esta última recomendação tem por finalidade prevenir o alto investimento em adubos mediante incerteza quanto ao retorno financeiro em sistemas não irrigados.

A correção e fertilização do solo, orientada pelos resultados da análise química, são ainda mais importantes em sistemas com duas safras. Isso porque a exportação de nutrientes é mais elevada, especialmente Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^{+}, e o processo de acidificação do solo é mais intenso. Tendo em vista as características do sistema, operacionalmente é complicado realizar a aplicação de corretivos entre as duas safras. Assim, a calagem e gessagem de sistemas de cultivo que contêm duas safras devem ser realizadas antecedendo o cultivo da primeira safra.

Dado o maior potencial de acidificação do solo nesse sistema, cabe reforçar a necessidade de acompanhamento anual da demanda por corretivos. Uma particularidade desses sistemas com duas safras é que, nos cálculos da necessidade de calagem, deve-se considerar a cultura de maior exigência nutricional. Mas cabe ressaltar que, ao considerar apenas a cultura de maior exigência nutricional, a tendência é que o sistema seja cada vez mais pobre em Ca e Mg. Assim, o consultor técnico deve se atentar para o papel da calagem de fornecer Ca e Mg para as culturas. Uma boa recomendação deveria pelo menos repor as quantidades de Ca e Mg extraídas pelas duas safras, sempre observando o limite superior da calagem determinado pela acidez potencial (H + Al).

Em solos de fertilidade corrigida, cujos teores dos nutrientes são superiores aos seus níveis críticos no solo (classe de

Digitalizado com CamScanner

disponibilidade alta), a adubação pode ser calculada com base na quantidade exportada pela cultura, que é proporcional à produtividade esperada (Tabela 5.4). Nesses sistemas, o objetivo da adubação deve ser manter a fertilidade do solo, seguindo o princípio da restituição. De acordo com a Tabela 5.4, para uma produtividade de aproximadamente 170 sc/ha (10,15 t/ha), apenas alcançada em solos de fertilidade elevada, seriam exportados 82 kg/ha de P_2O_5 e 87 kg/ha de K_2O. Para manter a fertilidade desse solo, deveriam ser adicionadas pelo menos essas quantidades exportadas nos grãos acrescidas de 30% (BROCH; RANNO, 2009). Esse acréscimo seria necessário para repor outras perdas que ocorrem no sistema. No caso de milho para silagem, o cálculo deverá ter como base a exportação de nutrientes por toda a parte aérea. Fertilizações muito pesadas, além de serem arriscadas devido às incertezas do sistema, também apresentam baixa probabilidade de resposta, especialmente nesses solos de fertilidade construída.

A recomendação da dose de N, assim como na primeira safra, é fundamentada no histórico da área, na expectativa de produtividade e, eventualmente, feita com base no teor de matéria orgânica do solo. A Tabela 5.3 deve servir também como base para a recomendação de adubação nitrogenada para o milho de segunda safra. Assim, respostas mais expressivas à adubação são observadas na semeadura e no sulco de plantio, em valores que oscilam entre 10 e 50 kg/ha (BROCH; RANNO, 2009). Áreas previamente cultivadas com soja podem ter uma redução de 20 kg/ha de N na adubação de arranque, aplicando-se cerca de 10-20 kg/ha. Em cultivo antecedido por milho ou por outra espécie com maior relação C/N, aplica-se 30-50 kg/ha no plantio.

A adubação de cobertura no milho de segunda safra apresenta respostas inconsistentes, nem sempre representando uma opção economicamente viável (BROCH; RANNO, 2009). A falta de resposta à adubação de cobertura pode ser explicada pelo suprimento residual de N pelos restos culturais da soja cultivada no verão, que gira em torno de 35 a 45 kg/ha de N (OLIVEIRA et al., 2008). Adicionalmente, a mineralização da matéria orgânica do solo (MOS) também tem potencial de liberar cerca de 20 kg/ha de N para cada 10 g/kg de MOS (COELHO et al., 2008).

Produtividades médias de 100 sc/ha demandam 100 kg/ha de N do solo (Tabela 5.4). Tendo como referência um solo cultivado

Digitalizado com CamScanner

previamente com soja e com 30 g/kg de MOS, estima-se que esse solo seja capaz de suprir aproximadamente 100 kg/ha de N (ROSCOE; MIRANDA, 2013), o que justificaria apenas as doses de plantio para atender eventuais perdas e favorecer o enraizamento. Nessas condições, seria possível suspender a adubação nitrogenada de cobertura sem perdas de produtividade (BROCH; RANNO, 2009).

Porém, Roscoe e Miranda (2013) observaram respostas crescentes à adubação de cobertura com N em condições com menores restrições de precipitação e de fertilidade, cuja expectativa de produtividade é superior a 100 sc/ha. Nessas condições, as produtividades aumentaram de 107 a 130 sc/ha para 120 a 160 sc/ha, respectivamente, com doses de até 160 kg/ha de N em cobertura. Portanto, a adubação de cobertura deve ser realizada sempre que o suprimento pelo solo e pelos resíduos e a adubação de plantio não forem suficientes para atender a demanda nutricional da planta.

Amostragem e diagnose foliar

A análise química de material vegetal é ferramenta importante para a diagnose e manejo nutricional da cultura. Ela baseia-se no fato de que a composição mineral da biomassa vegetal é o melhor indicador da real disponibilidade de nutrientes à cultura. Assim, os teores dos nutrientes nos tecidos das plantas apresentam alta correlação com o crescimento e produtividade das culturas. De maneira geral, a folha é o órgão que melhor reflete as alterações nutricionais da planta, portanto, a diagnose foliar é uma ferramenta adicional à análise de solo para avaliação e manejo mais eficientes do estado nutricional da cultura.

No caso da cultura do milho, a amostragem de folhas deve ocorrer por ocasião do aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento) e devem ser coletadas 30 folhas por hectare (COELHO; FRANÇA, 1995). Ainda segundo esses autores, deve-se coletar a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga, excluindo-se a nervura central.

O ideal é que a amostra seja enviada para o laboratório no mesmo dia, ainda verde e armazenada em baixas temperaturas, para que o laboratório possa limpar, preparar e analisar o material. Caso

Digitalizado com CamScanner

isso não seja possível, aconselha-se que as folhas sejam lavadas em água corrente, enxaguadas com água filtrada ou destilada (de preferência), acondicionadas em saco de papel, identificadas, secas ao sol e enviadas ao laboratório (MARTINEZ et al., 1999).

Após análise do material vegetal, interpretam-se os resultados da análise foliar. Esses podem ser simplesmente comparados com padrões de referência (Tabela 5.5) ou analisados por métodos como índice balanceado de Kenworthy e sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) (MARTINEZ et al., 1999).

Tabela 5.5 - Valores de referência para a interpretação dos resultados de análise de planta para a cultura do milho

N	P	K	Ca	Mg	S
---dag kg^{-1}---					
2,75-3,25	0,25-0,35	1,75-2,25	0,25-0,40	0,25-0,40	0,10-0,20
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
---mg kg^{-1}---					
4-20	6-20	20-250	20-150	0,20	20-70

Fonte: MARTINEZ et al., 1999.

Caso alguma deficiência seja notada durante a análise, pouco poderá ser feito para o plantio atual, uma vez que o milho é cultivado anualmente. Porém, esses resultados são importantes para correção e ajuste da adubação do próximo ciclo.

Sintomas de deficiência nutricional

Os sintomas de deficiência nutricional representam um item complementar na identificação da deficiência de determinado nutriente na planta. O aspecto visual desses sintomas incluem cloroses, necroses, alterações de coloração e morfológicas. Ao caracterizar os sintomas de deficiência nutricional e diferenciá-los de sintomas de natureza não nutricional, devem-se seguir critérios de evolução temporal (demanda das plantas), no espaço (mobilidade na planta) e de simetria (tecidos de mesma idade fisiológica devem

Digitalizado com CamScanner

apresentar o mesmo sintoma). Porém, no caso de sintoma, recomenda-se que a deficiência seja confirmada pela análise química do material vegetal. Vale lembrar que a eventual visualização dos sintomas de deficiência de algum nutriente em campo já terá comprometido a produtividade da cultura.

Os sintomas de deficiência de nutrientes em plantas podem ser divididos em dois grandes grupos: os que apresentam sintomas iniciais na parte superior da planta (Ca, S, Fe, Mn, Zn, Cu e B) e os que exibem sintomas iniciais na parte inferior (N, P, K e Mg). Os primeiros estão relacionados aos elementos imóveis ou com mobilidade bastante reduzida no floema. Uma vez que esses elementos mostram mobilidade reduzida, não podem ser translocados das partes mais velhas (folhas baixeiras) para as mais novas (folhas ponteiras), fazendo com que os sintomas surjam inicialmente nas partes mais jovens, pois, com o tempo de cultivo, o nutriente tem seus teores reduzidos no solo. Já para os elementos com maior mobilidade no floema, os sintomas apresentam-se inicialmente nas folhas mais velhas, uma vez que eles são translocados para as partes da planta com maior caráter dreno, em uma fase de crescimento em que o solo já se mostra mais empobrecido.

Nutrientes cujos sintomas apresentam-se inicialmente nas folhas mais velhas (móveis no floema)

Nitrogênio

O N está associado a processos fisiológicos da fotossíntese, respiração e absorção iônica e é constituinte de aminoácidos e proteínas. Os sintomas de deficiência de N começam com o amarelecimento/clorose em folhas mais velhas (da ponta para a base), progredindo para o secamento dessas folhas ao longo da nervura principal. A evolução desse sintoma se apresenta em uma forma típica de amarelecimento em "V". A planta como um todo mostra perda de crescimento, com colmos mais finos e amarelecimento generalizado, caso a deficiência seja severa (Figura 5.1).

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.1 - Sintoma de deficiência de N em milho: plantas à esquerda sem sintomas de deficiência e à direita com deficiência de N; folhas baixeiras, mais velhas, mostram maior sintoma de deficiência, evidenciando a sua evolução.

Fósforo

O fósforo também está ligado a processos fisiológicos da fotossíntese e respiração, mas também é constituinte de proteínas e coenzimas, ácidos nucleicos e tem papel fundamental no armazenamento de energia na planta (ATP). A deficiência de P também ocorre inicialmente nas folhas mais velhas, que apresentam coloração inicial verde mais escura que o normal. Posteriormente, adquirem coloração avermelhada/arroxeada (acúmulo de antocianinas) nas pontas e margens do limbo foliar, podendo se estender até o colmo (Figura 5.2). A planta como um todo também apresenta redução de crescimento.

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.2 - Coloração arroxeada nas folhas mais velhas devido ao acúmulo de antocianinas causado pela deficiência de fósforo.

Fonte: <www.sdstate.edu/ps/extension/soil-fert/images>.

Potássio

O potássio tem papel fundamental no transporte de carboidratos e no potencial osmótico das células, controlando a abertura e o fechamento estomático e, consequentemente, conferindo maior tolerância à seca. A deficiência de potássio também é percebida incialmente nas folhas mais velhas. O sintoma típico é a clorose em "∧" (ou "V" invertido) das pontas e margens dessas folhas, migrando rapidamente para necrose (queima) do tecido foliar (Figura 5.3). As plantas também apresentam baixo crescimento, fragilidade dos tecidos e maior sensibilidade à seca.

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.3 - Sintoma típico de clorose seguida de necrose com o formato de "V" invertido, causado pela deficiência de potássio.

Fonte: Imagem superior: <www.sdstate.edu/ps/extension/soil-fert/images>. Imagem inferior: IPNI <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html)>.

Magnésio

O magnésio é componente da clorofila, ativador de reações enzimáticas e confere estabilidade estrutural a ácidos nucleicos e membranas. Os sintomas de deficiência de Mg surgem inicialmente nas folhas mais velhas, sendo a clorose internerval o sintoma dominante. Essas folhas amarelecem nas margens e, depois, entre as nervuras (aspecto de estrias), podendo ocorrer necrose dessas regiões. De modo geral, os sintomas progridem para as folhas mais jovens (Figura 5.4).

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.4 - Sintoma de deficiência de magnésio: clorose internerval das folhas mais velhas que, em algumas plantas, podem apresentar coloração avermelhada, que evoluirá para necrose.

Fonte: IPNI – <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html>.

Nutrientes cujos sintomas apresentam-se inicialmente nas folhas jovens (imóveis ou de mobilidade bastante reduzida no floema)

Cálcio

O cálcio está ligado a síntese de parede celular, integridade de membranas e crescimento de meristemas. Portanto, a deficiência desse nutriente manifesta-se nas folhas mais jovens e regiões apicais de crescimento (meristemas). De modo geral, o crescimento como um todo é reduzido (incluindo as raízes), com as folhas mais jovens secas e deformadas (Figura 5.5). Sucessivamente, essas folhas amarelecem, secam e necrosam, ocorrendo esses sintomas em faixas largas nas

Digitalizado com CamScanner

bordas e entre as nervuras das folhas. Em condição de deficiência mais severa pode ocorrer a morte da região de crescimento (meristemática).

Figura 5.5 - Sintoma de deficiência de cálcio: dado seu papel estrutural, sintomas típicos de deficiência de Ca envolvem deformações diversas das folhas mais jovens.

Fotos: A esquerda: Carlos Alberto de Vasconcellos – Embrapa Milho e Sorgo; à direita: IPNI <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html>

Enxofre

O enxofre é componente de aminoácidos, proteínas, clorofila, vitaminas e hormônios e participa de diversas reações enzimáticas. Dada sua baixa mobilidade no floema, os sintomas da deficiência de S começam nas folhas mais jovens, que apresentam coloração de um verde mais claro, tendendo para o amarelo, uniforme no limbo foliar. Assemelha-se à deficiência de N, porém ocorre inicialmente em folhas mais jovens (Figura 5.6).

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.6 - Sintoma de deficiência de enxofre: clorose generalizada do limbo foliar que pode ser semelhante à deficiência de N, porém ocorre inicialmente nas folhas mais jovens.

Fonte: IPNI – <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html>.

Ferro

O ferro tem papel fundamental no transporte de elétrons (ferrodoxina), em reações de oxidorredução e como grupo prostético (ativação de enzimas). Dada sua baixa mobilidade no floema, o sintoma típico de deficiência de Fe é a clorose internerval nas folhas novas, permanecendo verdes apenas as nervuras, o que confere aspecto reticulado fino (Figura 5.7). A clorose causada pela deficiência de Fe tipicamente apresenta coloração bem clara/esbranquiçada.

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.7 - Sintoma de deficiência de Fe: clorose internerval das folhas mais jovens com aspecto reticulado fino – estrias finas.

Fonte: <www.ipmimages.org>.

Manganês

O manganês atua na síntese da clorofila e na ativação de enzimas. Por apresentar baixa mobilidade no floema, o sintoma típico de deficiência de Mn é a clorose internerval das folhas mais novas. Ao contrário da deficiência de Fe, que confere aspecto reticulado fino, a de Mn confere aspecto reticulado grosso (faixas mais largas). Em casos mais severos, esse tecido clorótico pode senescer e desprender-se da folha, sendo esse um sintoma típico da deficiência de Mn (Figura 5.8).

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.8 - Sintoma de deficiência de Mn: clorose internerval das folhas mais jovens com aspecto reticulado grosso - faixas largas.

Fonte: IPNI - <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html>

Zinco

O zinco é importante cofator enzimático e constituinte de enzimas e hormônios (ácido indolacético – AIA). O sintoma de deficiência de Zn é caracterizado por faixas brancas ou amareladas entre a nervura principal e as bordas, podendo ocorrer a necrose dessas áreas. As folhas novas recém-emitidas no ápice da planta apresentam coloração esbranquiçada (pálida) com internódios curtos (Figura 5.9).

Digitalizado com CamScanner

Figura 5.9 - Sintoma de deficiência de Zn: clorose internerval das folhas jovens.

Fonte: <http://deficiencies.soil ncsu.edu/corn.html>.

Cobre

É constituinte de enzimas e responsável pela síntese de compostos fenólicos (lignificação). Ao se desenrolarem, as folhas novas apresentam coloração mais pálida que o restante das folhas e são mais quebradiças. Além do amarelecimento, as pontas começam a se curvar e necrosar (Figura 5.10).

Figura 5.10 - Sintoma de deficiência de Cu: coloração mais pálida das folhas jovens, com eventuais deformações, que se apresentam mais curvadas e quebradiças.

Fonte: <http://deficiencies.soil.ncsu.edu/corn.html>

Digitalizado com CamScanner

Boro

O boro é importante para o metabolismo de carboidratos, divisão celular e formação da parede celular e membranas (pectina). Os sintomas de deficiência de B podem apresentar-se na forma de faixas alongadas transparentes que, depois, se tornam brancas ou secas. Adicionalmente, por mostrar papel estrutural semelhante ao Ca, a deficiência de B causa deformações diversas e redução do crescimento apical, assemelhando-se à deficiência de Ca (Figura 5.11).

Figura 5.11 - Sintoma de deficiência de B: dado seu papel estrutural semelhante ao Ca, sintomas típicos de deficiência de B incluem deformações diversas das folhas mais jovens da planta.

Fonte: (IPNI <www.extension.uidaho.edu/nutrient/crop_nutrient/corn.html>.

Digitalizado com CamScanner

Referências

ALVES, V.M.C.; VASCONCELLOS, C.A.; FREIRE, F.M.; PITTA, G.V.E.; FRANÇA, G.E.; FILHO, A.R.; ARAÚJO, J.M.; VIEIRA, J.R.; LOUREIRO, J.E. Recomendação de adubação para a cultura do milho. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO, A.C.; SOUZA, R.B. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

BENDER, R.R.; HAEGELE, J.W.; RUFFO, M.L.; BELOW, F.E. Nutrient uptake, partitioning, and remobilization in modern, transgenic insect-protected maize hybrids. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 161-170, 2013.

BROCH, D.L.; RANNO, S.K. Fertilidade do solo, adubação e nutrição da cultura do milho "safrinha". In: ROSCOE et al. **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno**, 2009. p. 05-29

CANTARUTTI, B.C.; ALVAREZ V., V.H.; RIBEIRO, A.C. Amostragem de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V.V.H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho** – Nutrição e adubação. Piracicaba, SP: POTAFOS, 1995. (Arquivo do agrônomo, n. 2).

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. Fertilidade de solos. In: **Sistemas de Produção**, 2. Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoas-MG, 2008.

GRUNDON, N.J.; EDWARDS, D.G.; TAKKAR, P.N.; ASHER, C.J.; CLARK, R.B. **Nutritional disorder sofgrain sorghum**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research/India Council of Agricultural Research/University of Queensland, 1987. 99 p.

LEIKAM, D.F.; LAMOND, R.E.; MENGEL, D.B. **Soil test interpretations and fertilizer recommendations, MF-2586**. Kansas: Kansas State University, 2003.

MARTINEZ, E.P.H.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnose foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: DPS/UFV, 1999. 399 p.

Digitalizado com CamScanner

OLIVEIRA, F.A.; CASTRO, C.; SEREDO, G.J.; KLEPKER, D.; OLIVEIRA-JUNIOR, A. **Fertilidade do solo e nutrição mineral da soja**. Circular Técnica 62, Embrapa Soja, Londrina-PR, 2008. 8p.

OLIVEIRA, F.H.T.; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.V.H.; CANTARUTTI, R.B.; BARROS, N.F. Fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: ALVAREZ, V., V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J.W.V.; COSTA, L.M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2002. v. 2, p. 393-486.

RESENDE, A.V.; COELHO, A.M.; RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.C. **Adubação maximiza o potencial produtivo do sorgo**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 7 p. (Circular Técnica, 119).

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais** – 5ª aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359 p.

RUSSEL, W.A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, v. 46, p. 246-299, 1991.

UNIVERSITY OF ILLINOIS COLLEGE OF AGRICULTURAL, CONSUMER AND ENVIRONMENTAL SCIENCES (ACES) (2013, April 18). Fertility needs in high-yielding corn production. **Science daily**. Retrieved October 17, 2013.Disponible in: <http://www.sciencedaily.com/releases/2013/04/130418162200.htm>.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R. A. S. Manejo da adubação do milho safrinha. In: ROSCOE et al. **Tecnologia e produção: milho safrinha e culturas de inverno**. 2013. 172 p.

STEWART, W.M. **Grain sorghum fertilization**. Winter 2012, No. 7.IPNI Plant Nutrition TODAY, 2012.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; WIETHÖLTER, S. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**.10. ed. Porto Alegre, RS: Comissão de Química e Fertilidade do Solo/Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

ZAGO, C.P.; GUIMARÃES, F.B. Sistemas de produção para sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17., 2008. **Anais...** Londrina, PR: Embrapa Milho e Sorgo, 2008.

Digitalizado com CamScanner

CULTIVARES 6

Roberto Fritsche-Neto[1] e *Gustavo Vitti Môro*[2]

Cultivar é um grupo de indivíduos de qualquer espécie vegetal claramente distinguível de outros por uma margem mínima de descritores, que possui denominação própria, homogeneidade e estabilidade quanto aos descritores, em sucessivas gerações. Os descritores e as características agronômicas que conferem identidade aos cultivares de milho podem ser, entre outros: o ciclo, a cor da inflorescência, o tipo de grão, os caracteres morfológicos, a reação a doenças, a produtividade e o polimorfismo do DNA. A estabilidade do cultivar é importante para sua identificação, geração após geração (BORÉM; MIRANDA, 2013).

De modo geral, o cultivar é responsável por, pelo menos, 50% da produtividade da lavoura. Consequentemente, a recomendação correta desse na plantação tem grande importância no sucesso dos cultivos. Neste contexto, compete ao engenheiro-agrônomo analisar as vantagens de cada cultivar e suas implicações genéticas antes de recomendá-lo a um produtor de milho.

Essa escolha é uma tarefa complexa e crucial. Para isso, devem-se levar em consideração todas as informações disponíveis, oriundas, principalmente, de três fontes:

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da USP/Esalq.
E-mail: rfritscheneto@gmail.com
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Unesp/FCAV
E-mail: gvmoro@fcav.unesp.br

Digitalizado com CamScanner

Produtor rural: que deve conhecer o nível tecnológico, o sistema de produção, as condições edafoclimáticas da região (solo, clima, altitude etc.) e a finalidade da produção (grãos, pipoca, milho-doce, silagem etc.).

Empresas produtoras de semente: que deve pesquisar se há cultivares desenvolvidos para essas regiões edafoclimáticas e condições de cultivo e, principalmente, quais as características desses cultivares. Assim, além de sites e *folders* de empresas, o portal do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) traz uma lista atualizada dos cultivares disponíveis no mercado de sementes para cada espécie (MAPA, 2013).

Assistência técnica e pesquisa: que deve buscar informações nesses institutos quanto a ensaios de valor de cultivo e uso (VCU) realizados com os cultivares de interesse na região para a qual será feita à recomendação.

Dessa forma, reunindo a maior quantidade de dados possíveis, o engenheiro-agrônomo poderá recomendar o cultivar correto para o sistema de produção em questão. Assim, objetiva-se, neste capítulo, descrever as diferenças entre os tipos de cultivares de milho e os fatores a serem considerados na escolha e recomendação desses.

Tipos de cultivares convencionais de milho

Os cultivares de milho podem ser divididos em dois tipos principais: híbridos e variedades, sendo os híbridos divididos em simples, triplos ou duplos. A partir desses, principalmente dos híbridos simples e triplos, são desenvolvidos os cultivares transgênicos.

Variedades

Os cultivares do tipo variedade também são conhecidos como cultivares de polinização aberta ou livre. Esses, como sugere o nome, são obtidos pela livre polinização ou acasalamento ao acaso de um grupo de indivíduos selecionados. Assim, são altamente heterozigóticos e heterogêneos, seguindo os princípios genéticos do

Digitalizado com CamScanner

equilíbrio de Hardy-Weinberg (SOUZA JUNIOR, 2001). Desse modo, as variedades apresentam maior estabilidade produtiva, dada a maior variabilidade genética, porém, com menor uniformidade no produto (Figura 6.1). Além disso, há também menor produtividade, devido à baixa exploração da heterose (Figura 6.2), pois no máximo 50% dos *loci* estarão em heterozigose.

Figura 6.1 - Variabilidade do tipo de grão observada em variedades de polinização aberta de milho.

Fonte: NESAF, 2013.

Figura 6.2 - Efeito da heterose em milho, observada pela diferença na produtividade de grãos do híbrido (F_1) em relação aos seus genitores endógamos (P_1 e P_2).

Digitalizado com CamScanner

Com o uso de variedades, há sensível redução nos custos de produção, pois essas se adequam a sistemas de cultivo de baixa tecnologia, ou seja, com menores investimentos em adubação e produtos fitossanitários para o controle de pragas, doenças e plantas daninhas. Além disso, esse tipo de cultivar permite que o produtor cultive suas próprias sementes ano após ano, desde que seja de modo correto.

Geralmente, esse tipo de cultivar é desenvolvido por empresas públicas de pesquisa, como as universidades e a Embrapa. Atualmente, representam menos de 1% do mercado de sementes no Brasil.

Híbridos

Os híbridos comerciais de milho são resultantes do cruzamento entre indivíduos geneticamente distintos e homozigotos, visando à utilização prática da heterose (BORÉM; MIRANDA, 2013). Dependendo do número de genitores empregados, podem-se obter diferentes tipos de híbrido, mas, de modo geral, todos eles são altamente heterozigóticos e homogêneos.

Híbrido simples

Este tipo de híbrido, resultado do cruzamento entre duas linhagens puras (Figura 6.3), é indicado para sistemas de produção que utilizam alta tecnologia, pois possui o maior potencial produtivo. É também o que apresenta maior custo das sementes, por ocupar o topo da pirâmide dos híbridos quanto à uniformidade e produtividade (Figura 6.4). Porém, essa mesma uniformidade genética, favorável em determinado ambiente, podera ser desvantajosa quando o híbrido for plantado em uma série de ambientes contrastantes (PATERNIANI; CAMPOS, 2005) ou, ainda, em condições de estresses bióticos ou abióticos.

Híbrido triplo

O híbrido triplo é obtido a partir do cruzamento entre uma linha pura e um híbrido simples (Figura 6.3), sendo indicado para produtores de média a alta tecnologia. Apresenta menor produtividade

Digitalizado com CamScanner

e homogeneidade em relação ao híbrido simples. Da mesma forma, o custo da semente e de produção da lavoura também é menor.

Híbrido duplo

É o resultado do cruzamento entre dois híbridos simples (Figura 6.3), sendo indicado para média tecnologia. Esse tipo de híbrido aliou o aumento de produtividade pela heterose ao custo de produção suficientemente baixo para conquistar a preferência dos agricultores. Foi o que possibilitou a generalização do uso dos híbridos nos EUA e em grande parte do mundo (PATERNIANI; CAMPOS, 2005). Uma possível vantagem dos híbridos duplos é a sua maior heterogeneidade (variabilidade genética), que resulta em maior estabilidade de comportamento.

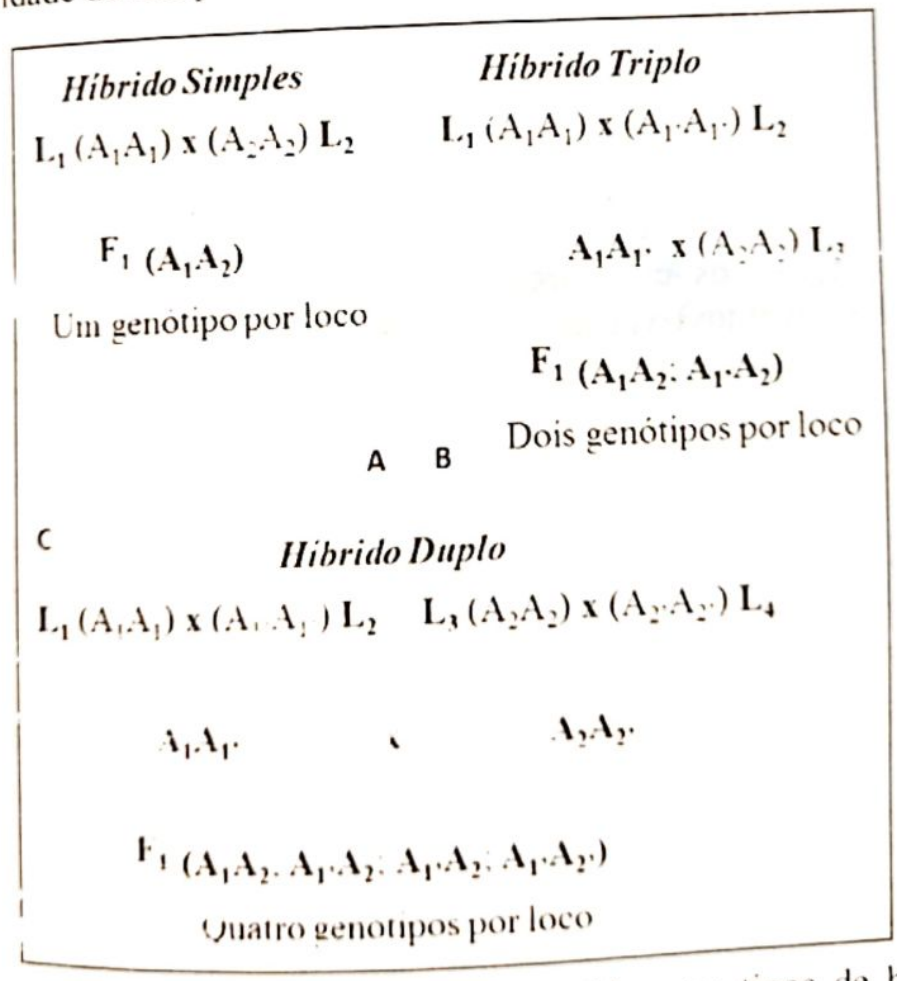


Figura 6.3 - Esquema para obtenção de diferentes tipos de híbrido, com o número de linhagens utilizadas em cada caso.

Digitalizado com CamScanner

De modo simplificado, comparando os tipos de cultivares de milho, tem-se que os custos de produção, a produtividade, a homogeneidade do produto obtido e a exigência em tecnologia de cultivo aumentam na direção das variedades comparados aos híbridos simples (Figura 6.4). Já a variabilidade genética e a estabilidade produtiva seguem em sentido contrário, ou seja, dos híbridos simples para as variedades.

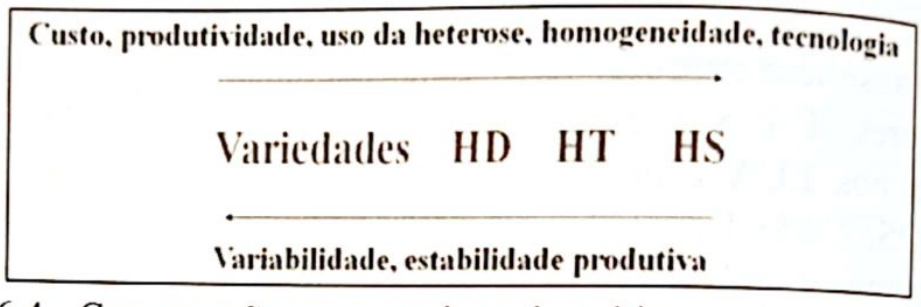


Figura 6.4 - Comparação entre os tipos de cultivares de milho quanto aos aspectos produtivos.

Cultivares transgênicos

São também conhecidos como geneticamente modificados, com exceção dos cultivares que receberam um ou mais genes exógenos (eventos) via transformação gênica, isto é, por meio da engenharia genética. Atualmente, os principais eventos disponíveis em milho no mercado brasileiro são relacionados à resistência a lagartas ou tolerância a herbicidas.

Os cultivares transgênicos apresentam grandes vantagens em relação às suas versões convencionais (não transgênicos). Os genes neles inseridos proporcionam maior estabilidade produtiva, redução do custo de produção, facilidade de manejo e menor impacto ambiental, devido à redução no uso de produtos fitossanitários para controle de pragas e plantas daninhas (Figura 6.5).

Digitalizado com CamScanner

Figura 6.5 - Efeito dos principais eventos dos cultivares transgênicos de milho no Brasil: (A) cultivar suscetível e atacado por lagartas; (B) cultivar com o evento de resistência a lagartas; (C) área infestada por plantas daninhas; e (D) área cultivada com milho tolerante a herbicidas, facilitando o manejo de plantas daninhas.

Para o desenvolvimento de cultivares transgênicos, geralmente são usados híbridos simples e triplos, logo, são materiais recomendados para produtores de médio a alto nível tecnológico. Todavia, é importante ressaltar que, para o uso sustentável desses materiais, é necessário que haja manejo diferenciado da lavoura, por exemplo, respeitando-se as áreas de refúgio. No caso do milho tolerante ao herbicida glifosato, deve-se fazer a rotação de culturas, mas também do evento transgênico que os cultivares utilizados na implantação das lavouras possuem (Figura 6.6).

Digitalizado com CamScanner

Figura 6.6 - Exemplo de rotação de culturas feita de forma equivocada, pois considera apenas a espécie e não o evento transgênico, gerando alta pressão de seleção de plantas daninhas tolerantes ao herbicida.

O manejo correto dos cultivares transgênicos de milho e todos os aspectos que envolvem o uso dessas tecnologias será mais bem descrito no Capítulo 7. De qualquer forma, é importante ressaltar que, quando bem recomendados e manejados de maneira correta, os transgênicos proporcionam grandes benefícios à agricultura.

Fatores a considerar na escolha do cultivar

Para a escolha correta do cultivar, aspectos relacionados às características desse e do sistema de produção deverão ser levados em conta. Estes fatores são muito bem descritos por Cruz et al. (2013a), conforme a seguir.

Objetivo da produção

Nem sempre as características de um cultivar para a produção de silagem são as mesmas de um cultivar para a produção de grãos. Por exemplo, o milho ideal para silagem tem de reunir características importantes para este segmento, como: estabilidade de produção em

Digitalizado com CamScanner

diversas épocas e nas diferentes condições de plantio e de altitude; sanidade foliar às principais doenças, como ferrugens, enfezamentos, *phaeospharia* e *cercospora*; ciclo prolongado de enchimento de grãos, ampliando o período de colheita e facilitando o processo na época da ensilagem; resistência ao acamamento; e porte médio a alto com alta produtividade de grãos, porque é dos grãos que sai a maior parte da energia digestível.

Para o milho tipo grão e, principalmente, para milhos especiais como o milho-branco, o milho-doce e o milho-pipoca, há características específicas que devem ser consideradas. De modo geral, essas são relacionadas à produtividade, qualidade e uniformidade do produto final, adaptação à região de cultivo, resistência a pragas, doenças e ao acamamento, arquitetura da planta, ciclo, textura e composição dos grãos, sincronismo de florescimento, empalhamento, decumbência (porcentagem de dobramento de espigas após a maturação) e tolerância a estresses abióticos.

Adaptação à região

Este aspecto, apesar de crucial, é minimizado, pois normalmente as empresas de sementes já direcionam a venda de seus cultivares de acordo com as regiões de adaptação das principais doenças do sistema de produção predominante, das exigências do mercado e do perfil dos agricultores. O problema é quando o agricultor adquire semente em locais diferentes daquele onde será implantada a lavoura.

Estabilidade e produtividade

O potencial produtivo de um cultivar é um dos primeiros aspectos considerados pelos agricultores na compra da semente. Entretanto, a estabilidade de produção, que é determinada de acordo com o seu comportamento em cultivos em diferentes locais e anos, também deverá ser considerada. Cultivares estáveis são aqueles que, ao longo dos anos e dentro de determinada área geográfica, têm menor oscilação de produção, respondendo de forma previsível à melhoria do

Digitalizado com CamScanner

ambiente (anos mais favoráveis) e sem grandes quedas de produção nos anos mais desfavoráveis.

Tipo de cultivar

Sementes de variedades têm menor custo que sementes de híbridos e, com os devidos cuidados na multiplicação, podem ser reutilizadas por alguns anos, sem diminuição substancial da produtividade. As variedades são, ainda, de grande utilidade em regiões onde o emprego de sementes de milho híbrido torna-se inviável devido às condições econômico-sociais mais precárias e ao uso de pouca tecnologia na cultura do milho. O preço de um saco de 20 kg de sementes de variedade custa entre R$45,00 e R$55,00, e a produtividade dificilmente ultrapassa os 5.000 kg ha^{-1}.

Os híbridos só têm alto vigor e produtividade na primeira geração (F_1), sendo necessária a aquisição de sementes híbridas todos os anos, caso o agricultor queira manter o mesmo nível de produtividade. Se os grãos colhidos forem semeados, o que corresponde a uma segunda geração (F_2), dependendo do tipo do híbrido, haverá redução de 15% a 40% na produtividade, devido à perda de vigor e à grande variação entre plantas.

Os híbridos simples são potencialmente mais produtivos, ultrapassando em muitas regiões a marca de 15.000 kg ha^{-1}. Além disso, apresentam maior uniformidade de plantas e espigas. São também os mais caros, custando, muitas vezes, acima de R$700,00 o saco com 60.000 sementes, normalmente suficientes para o plantio de um hectare. Esse valor é o praticado para os híbridos simples com eventos transgênicos, mas, caso o híbrido simples seja "convencional", ou seja, sem eventos transgênicos, o preço da semente é sensivelmente menor, podendo custar menos da metade do mesmo híbrido com o evento transgênico. Como descrito anteriormente, os híbridos triplos são também bastante uniformes e seu potencial produtivo é intermediário entre os híbridos simples e duplos. O mesmo ocorre com o preço de suas sementes. Os híbridos duplos são mais variáveis em características de plantas e de espigas que os simples e triplos. O custo da semente dos duplos é mais baixo que o da semente dos simples e triplos.

Digitalizado com CamScanner

Nos últimos anos, tem-se verificado crescente aumento da disponibilidade de híbridos simples no mercado (Figura 6.7). Desde a safra 2011/12, esse tipo de cultivar representa mais de 60% das sementes disponíveis; já os híbridos triplos e simples representam 82,5% do mercado (CRUZ et al., 2013a).

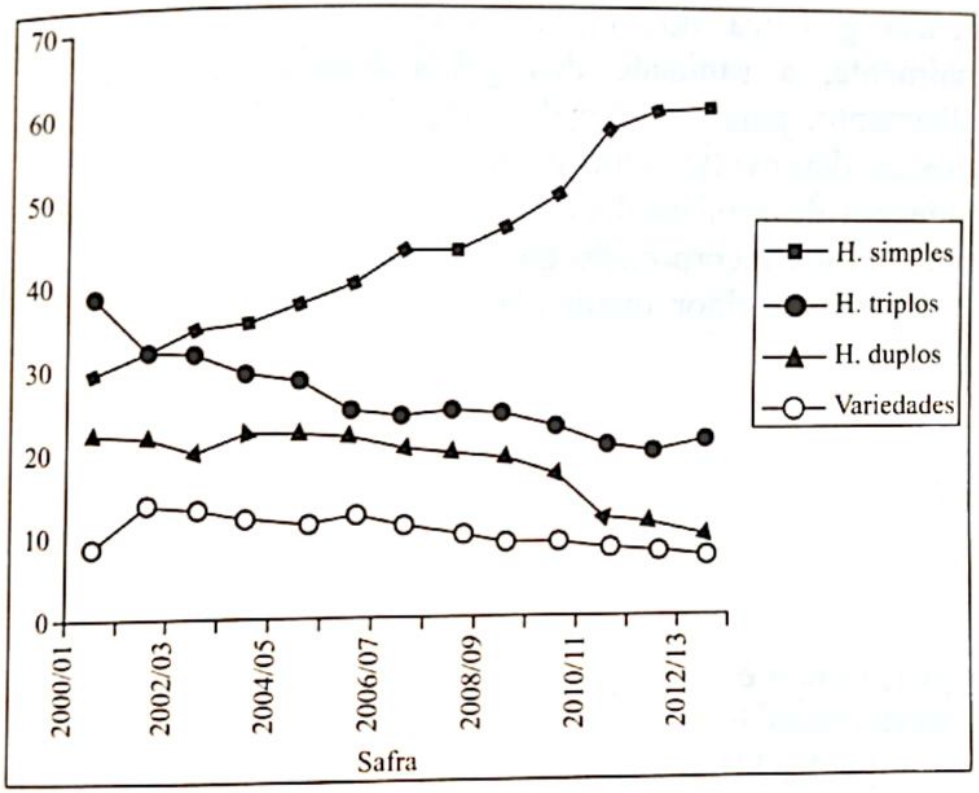


Figura 6.7 - Distribuição percentual dos diferentes tipos de cultivares convencionais de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil, nas últimas safras.

Fonte: CRUZ et al., 2013a.

Resistência ou tolerância às principais doenças

As doenças podem ocorrer de forma epidêmica, podendo atingir até 100% das plantas na lavoura. Em áreas de plantio direto, os problemas poderão ser agravados, principalmente com cercosporiose, helmintosporiose e podridões do colmo e espigas. Atualmente, o problema com doenças é sério em algumas regiões do país, especialmente onde a cultura permanece no campo durante todo o ano, como em áreas irrigadas, ou onde o plantio de safrinha é significante.

Digitalizado com CamScanner

Nessas situações, é fundamental a escolha de cultivares tolerantes às principais doenças, para evitar redução de produtividade (Capítulo 12).

A sanidade dos grãos também merece atenção na escolha do cultivar. Essa característica é devida à quantidade de inóculo e à resistência genética do cultivar aos fungos que atacam o grão. Normalmente, a sanidade dos grãos está associada a um bom empalhamento, mas também depende das condições climáticas nos estágios de desenvolvimento e secagem dos grãos no campo. Baixa porcentagem de espigas doentes e grãos ardidos são características que podem estar incorporadas ao insumo semente e representam valor agregado, pois melhor qualidade de grãos poderá significar maior preço no mercado.

Ciclo

Com relação ao ciclo, os cultivares são classificados em normais, semiprecoces, precoces e superprecoces. Uma vez que essa classificação não é muito precisa, o MAPA os divide em três grupos de características homogêneas: Grupo I (n < 110 dias); Grupo II (n maior ou igual a 110 dias e menor ou igual a 145 dias); e Grupo III (n >145 dias), em que n expressa o número de dias da emergência à maturação fisiológica.

No mercado de sementes há predominância de cultivares precoces (72,5%), sendo os mais plantados na safra e safrinha. Já os cultivares superprecoces (24%) são preferidos em plantios tardios de safrinha nos estados do Sul, visando ao escape da geada, em algumas regiões do Nordeste, onde o período chuvoso é reduzido e concentrado, e em agricultura irrigada, quando há necessidade em liberar a área para o plantio de outra cultura.

Qualidade do colmo e da raiz

Com o aumento do nível tecnológico na cultura do milho, um dos fatores que deve ser considerado é a resistência da planta ao acamamento e ao quebramento. Embora essas características também

Digitalizado com CamScanner

sejam afetadas pelo manejo da lavoura, elas variam com o cultivar. Lavouras que serão colhidas mecanicamente deverão ser plantadas com cultivares que apresentam boa qualidade de colmo, evitando, dessa forma, perdas na colheita.

Textura e coloração dos grãos

Os cultivares de milho podem ser agrupados de acordo com a textura do grão. Os milhos comuns (tipo grão) podem apresentar grãos com as seguintes texturas: dentado ou mole (*dent*), grão duro ou cristalino (*flint*) (Figura 6.8).

Figura 6.8 - Texturas do milho tipo grão: (A) dentado ou mole e (B) grão duro ou cristalino.

Milhos duros diferem dos milhos farináceos, dentados e pipoca na relação endosperma vítreo:endosperma farináceo e na distribuição destes no grão (Figura 6.9).

Nos milhos dentados, o endosperma farináceo concentra-se na região central do grão, entre a ponta e o extremo superior. Nas laterais dessa faixa e no verso do grão está localizado o endosperma vítreo. Durante a secagem, o encolhimento do endosperma farináceo resulta na formação de uma indentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. Já o milho duro possui volume contínuo de endosperma vítreo, que resulta em grãos lisos e mais arredondados, com uma aparência dura e vítrea.

Nos grãos do tipo farináceo, existe a mesma indentação do milho dentado; porém, o endosperma é completamente farináceo, resultando em aparência opaca. Os grãos de milho-pipoca possuem o

Digitalizado com CamScanner

pericarpo mais espesso, com o endosperma predominantemente vítreo, porém são de menor tamanho e de formato mais arredondado. Já os grãos de milho-doce, quando secos, têm aspecto enrugado, porque os genes *sugary* ou *brittle* previnem a conversão dos açúcares em amido e, com isso, o grão passa a acumular fitoglicogênio, um polissacarídeo solúvel (PAES, 2006).

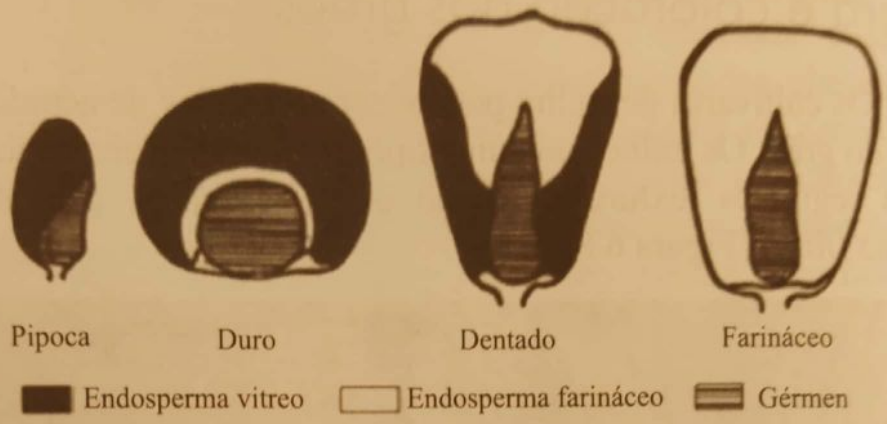


Figura 6.9 - Tipos de milho e as relativas proporções do endosperma farináceo e vítreo.

Fonte: PAES, 2006.

Os grãos mais duros apresentam a vantagem de boa armazenagem e qualidade de germinação. Portanto, são os preferidos pela indústria e, em algumas situações, alcançam preço um pouco superior no mercado, enquanto os grãos dentados não são aceitos e são comprados por um preço menor. No entanto, em materiais para produção de milho-verde e silagem, grãos dentados são uma característica desejada e frequente.

Desse modo, em termos de mercado de sementes, há predominância de cultivares de grãos semiduros (54%) e duros (25%). Materiais dentados são minoria (6%). Em relação à cor de grãos, há preferência por cultivares de grãos alaranjados (46%), amarelo-alaranjados (22%), amarelados (16%) e laranjas (7%).

Cenário atual dos cultivares

Segundo dados da Embrapa Milho e Sorgo (CRUZ et al., 2015), na safra 2015/16 foram disponibilizados 477 cultivares de

Digitalizado com CamScanner

milho (redução de apenas 1 cultivar em relação à safra anterior), sendo 193 cultivares convencionais e 284 transgênicos. A dinâmica de renovação dos cultivares foi menor nessa safra, sendo 57 novos cultivares acrescentados (35 transgênicos e 22 convencionais), ao passo que 58 deixaram de ser comercializados (42 transgênicos e 14 convencionais).

Considerando todos os cultivares (transgênicos e convencionais), em torno de 60% são híbridos simples, 19% híbridos triplos, 10% híbridos duplos e 11% variedades, híbridos intervarietais e "Top Cross". Entre os cultivares transgênicos, aproximadamente 82% são híbridos simples, 17% híbridos triplos e, pela primeira vez, 1% dos cultivares transgênicos é híbrido duplo (três cultivares). Dos cultivares transgênicos, 191 (59%) apresentam versões convencionais, os quais deveriam ser utilizados preferencialmente nas áreas de refúgio.

Os cultivares transgênicos disponíveis atualmente no mercado são resultantes de cinco eventos transgênicos para o controle de lagartas: TC 1507, marca Herculex I ®; MON 810, marca registrada YieldGard ®; MON 89034 YieldGard VT PRO ®; Bt11 Agrisure TL ®; e MIR162, TL VIP ®; e dois eventos transgênicos que conferem resistência ao herbicida glifosato aplicado em pós-emergência: NK603, marca registrada Roundup Ready®, e o GA 21 –TG. Além desses, há a tecnologia Liberty Link®, que confere tolerância a herbicidas formulados com Glufosinato de Amônio presente nos milhos Herculex® I.

Perspectivas de mercado

A tendência do mercado brasileiro de sementes é seguir os passos do mercado americano. Isso se deve a vários fatores, mas, principalmente, por serem praticamente as mesmas empresas que dominam o melhoramento e a produção de sementes em ambos os países.

Quanto aos cultivares de milho, a tendência já vem sendo observada nas últimas safras (Figura 6.7) e, em breve, nosso mercado de sementes será praticamente composto por híbridos simples ($\geq$ 95%). Pelo mesmo caminho seguirão os cultivares transgênicos. A

Digitalizado com CamScanner

disponibilidade desses vem crescendo significativamente a cada ano (Figura 6.10) e, logo, deve ultrapassar os 90% do mercado de sementes de milho.

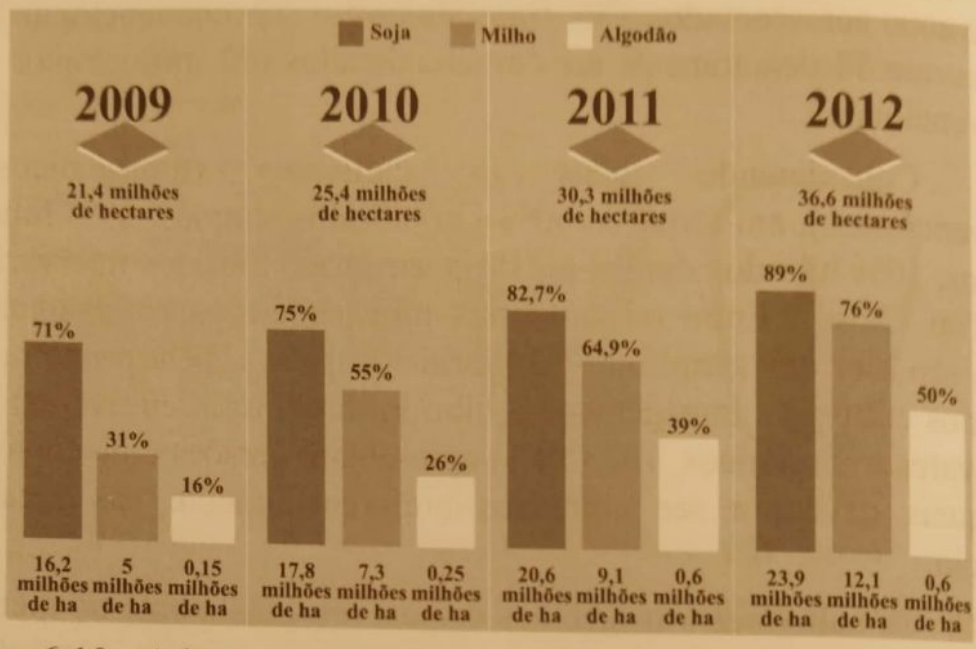


Figura 6.10 - Adoção de cultivares transgênicos no Brasil.
Fonte: CIB, 2013.

A cada ano, haverá também aumento no número dos cultivares *stackeados*, ou seja, com mais de dois eventos transgênicos. Esses irão conferir resistência à maior quantidade de pragas, tolerância a diferentes princípios ativos de herbicidas, resistência a doenças de colmo, *stay green*, entre outros.

Nota-se, diante do exposto, que a escolha do cultivar é uma tarefa complexa e, para isso, o engenheiro-agrônomo deve levar em consideração todas as informações disponíveis. Assim, irá recomendar, da melhor forma possível, o cultivar correto para o sistema de produção adotado pelo agricultor que o contratou, contribuindo para o sucesso do cultivo econômico.

Referências

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 6. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523 p.

Digitalizado com CamScanner

CIB. **Adoção de transgênicos no Brasil**. Disponível em: <http://cib.org.br/wp-content/uploads/2012/03/i_transgBrasil_v2.jpg>. Acesso em: 19 jul. 2013.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A; BORGHI, E.; SIMÃO, E.P. Quatrocentas e Setenta e Sete Cultivares de Milho estão Disponíveis no Mercado de Sementes do Brasil para a Safra 2015/16. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 28 p. (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN 1518-4277; 184).

MAPA. **Registro nacional de cultivares** – Cultivar web. 2013. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/php/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php>. Acesso em: 19 jul. 2013.

NESAF. **Contribuições ao desenvolvimento de tecnologias para o resgate, o manejo e a conservação de cultivares locais, tradicionais ou crioulas de milho de Ibarama**. 2013. Disponível em: <http://coral.ufsm.br/nesaf/?p=92>. Acesso em: 19 Jul. 2013.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. p. 1-6. (Circular técnica, 76).

PATERNIANI, E.E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento de milho. In: BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. p. 491-552.

SOUZA JUNIOR, C.L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L.L. et al. (Ed.). **Recursos genéticos e melhoramento** – Plantas. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. p. 159-200.

Digitalizado com CamScanner

7 CULTIVARES TRANSGÊNICOS

Pedro Patric Pinho Morais[1] e *Aluízio Borém*[2]

O melhoramento de plantas ao longo das décadas tem disponibilizado cultivares mais produtivos. Contudo, o processo mútuo de domesticação e a seleção de cultivares modernos para maior produção conduziram a um estreitamento da base genética ao longo do tempo. O uso de cultivares com base genética estreita resulta em vulnerabilidade aos estresses bióticos e abióticos. O reduzido número de espécies cultivadas e estas com estreita base genética, associado aos problemas do aquecimento global, tem sido objeto de preocupação de cientistas em todo o mundo. Logo, um dos desafios é detectar fontes de resistência às pragas e doenças específicas que venham a surgir repentinamente ou se adaptar nessas plantas (ANDRADE et al., 2011). A falta de parentes silvestres com esse tipo de resistência natural dificulta o desenvolvimento de cultivares por meio de métodos convencionais de melhoramento (HERRERA-ESTELLA, 2005). Assim, uma das grandes contribuições da Biotecnologia está na obtenção de variabilidade genética pela exploração de novos genes e seus variantes em espécies diferentes daquela cujo objetivo é o melhoramento.

A transformação de plantas na obtenção de cultivares transgênicos só foi possível com o entendimento do mecanismo de infecção por *Agrobacterium tumefaciens*, fundamental para se

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Monsanto
E-mail: pedro.morais@monsanto.com
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., Ph.D. e Professor da Universidade Federal de Viçosa.
E-mail: borem@ufv.br

Digitalizado com CamScanner

desenvolver o primeiro método de transformação genética em plantas. Hoje ela é, entre as diversas metodologias, a mais utilizada na obtenção de plantas geneticamente modificadas.

Especificamente o milho, uma das mais importantes culturas em todo o mundo, teve a aprovação do seu primeiro transgênico em 1996, nos Estados Unidos – MON810 (YieldGard), consecutivamente, em 1998, na Argentina e, em 2007, no Brasil. Desde então, cultivares para controle de pragas (cultivares Bt), plantas daninhas (cultivares RR) e eventos piramidados (cultivares Bt e RR) são amplamente ofertados aos agricultores no mercado.

A adoção dessa tecnologia no Brasil era de apenas 1,2% (170 mil hectares) da área total plantada com milho transgênico na safra de 2008/09 (DUARTE et al., 2009). Em 2015/16, essa taxa foi de 95,2% (18,5 milhões de hectares), em relação à última safra (CÉLERES, 2016) (Figura 7.1). Taxas maiores que essas são registradas apenas na cultura da soja, que atinge 95,2% da área total com cultivares transgênicos. Esses dados refletem a crescente e rápida adoção dos cultivares transgênicos no Brasil, já comparáveis aos dos Estados Unidos, que, na safra 2013/14, plantaram 96% da sua área usando esta tecnologia (CÉLERES, 2015).

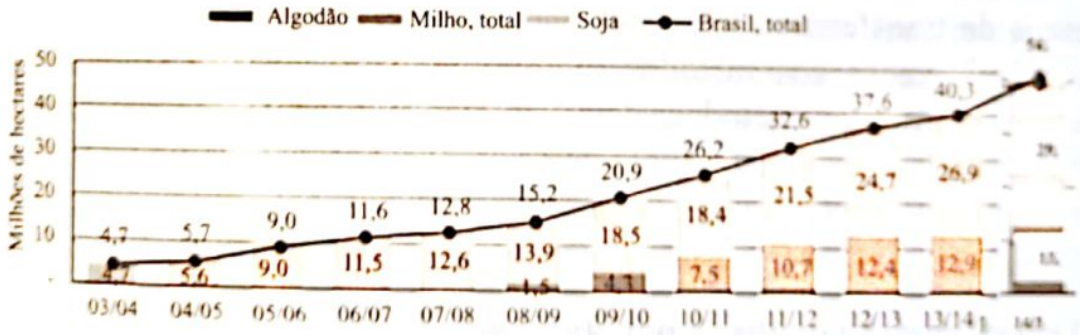


Figura 7.1 - Área plantada (milhões de hectares) com transgênicos no Brasil por cultura.

Fonte: CÉLERES, 2015

A rápida adoção está fundamentada em determinadas vantagens que o plantio do milho pode trazer, por exemplo redução de certas práticas agrícolas e de algumas aplicações de agroquímicos no processo de produção agrícola (DUARTE, 2009). Dessa forma, é

Digitalizado com CamScanner

importante enfatizar que o uso de cultivares transgênicos de milho não visa ao aumento de produtividade, mas sim a perdas causadas por efeitos bióticos em campo, e, mais recentemente, abióticos.

No entanto, a adoção dessa tecnologia deve ser criteriosamente estudada sob aspectos de biossegurança, para obter garantias e eliminar qualquer risco que possa afetar animais, seres humanos ou até mesmo o meio ambiente, antes de qualquer liberação para uso extensivo na agricultura.

Obtenção de plantas geneticamente modificadas

Para a transformação de uma planta, é necessário o isolamento dos genes de interesse, que envolvem dois processos básicos: desenvolvimento de uma biblioteca genômica e também de sondas apropriadas para o reconhecimento desse gene. Esses processos baseiam-se na tecnologia do DNA recombinante, que surgiu com a descoberta das enzimas restrição, DNA ligases, vetores de clonagem, métodos de transformação de bactérias, amplamente discutidos em Almeida et al. (2011a). Após esses processos, passa-se então para a etapa de transferência de genes para espécies vegetais, que tem sido possível graças aos métodos indiretos e diretos de transformação. Entre os diversos métodos, dois têm sido utilizados com sucesso: a transformação por vetor biológico via *Agrobacterium* (indireto) e a biobalística (direto), que serão descritos subsequentemente.

Transformação mediada por *Agrobacterium*

A transformação por *Agrobacterium* como vetor na transformação de plantas inclui três etapas distintas (BRASILEIRO; DUSI, 1999). Na primeira, é necessário obter as linhagens desarmadas por meio de um processo de dupla recombinação. Na segunda, é preciso construir um vetor que contenha em seu T-DNA os genes de interesse. Devido ao seu tamanho, o plasmídio Ti não pode ser manipulado diretamente. Dessa forma, plasmídios menores, mais fáceis de manipular, foram desenvolvidos. São chamados vetores binários e contêm as extremidades do T-DNA, onde os genes de

Digitalizado com CamScanner

interesse são clonados. Na última, o vetor binário deverá ser transferido para a linhagem desarmada de *Agrobacterium*, por métodos de conjugação triparental, eletroporação ou choque térmico (Figura 7.2A).

Transformação direta por biobalística

A biobalística é um método físico que consiste na aceleração de micropartículas de ouro ou tungstênio, que atravessam a parede celular e a membrana plasmática, carreando DNA para o interior da célula (SANFORD, 1988). Esse método baseia-se no uso de um equipamento que produz uma força propulsora, gás e choques elétricos, para acelerar micropartículas que são introduzidas na espécie transformada, a velocidades superiores a 1.500 km/h pelo acelerador de partículas. Esse processo ocorre sob vácuo, para evitar a redução da velocidade das micropartículas e os danos ocasionados nos tecidos-alvo, permitindo a sobrevivência das células. Uma vez dentro da célula, o DNA impregnado sob as partículas é dissociado das micropartículas pela ação do líquido celular e se integra ao genoma do organismo de forma aleatória (Figura 7.2B).

Para a conclusão de todo o processo, tanto para método com *Agrobacterium* ou biobalística, é necessário que se tenha a regeneração *in vitro* das plantas geneticamente modificadas. Para tal, utilizam-se os marcadores de seleção, genes inseridos juntos com o gene de interesse, que permitem o crescimento preferencial das células transformadas na presença do agente seletivo. Esses genes são conhecidos como marcadores e repórteres (Figura 7.2C).

Digitalizado com CamScanner

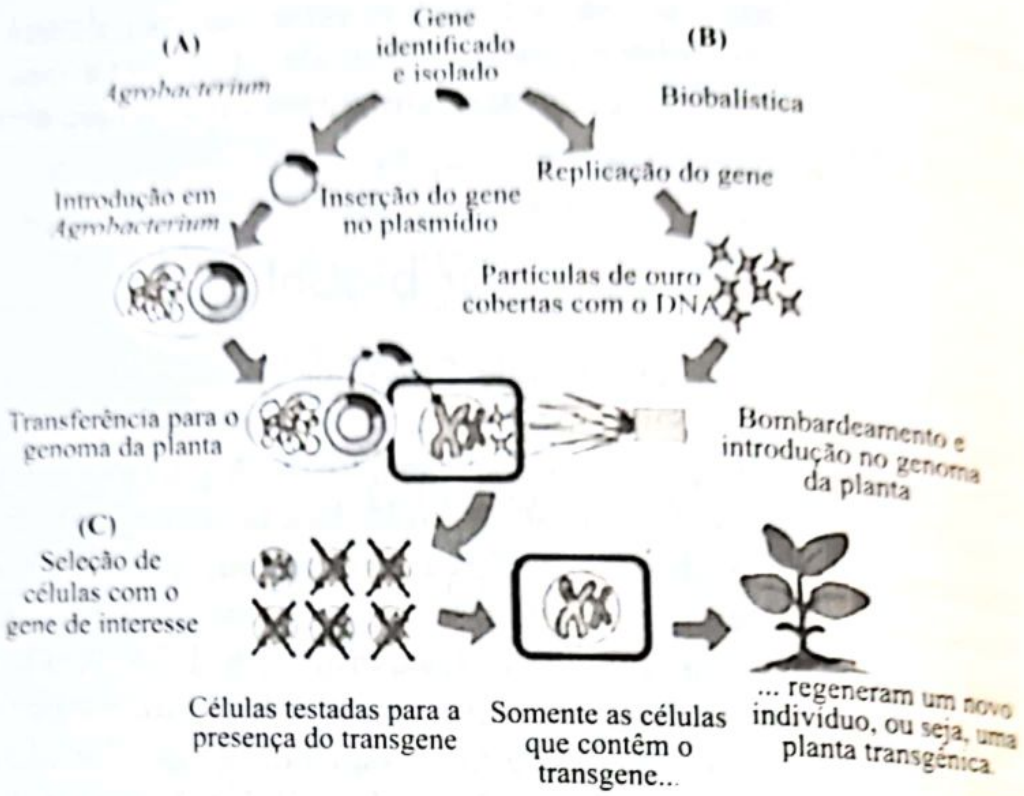


Figura 7.2 - Métodos de transformação genética em plantas: (A) *Agrobacterium*; (B) biobalística; e (C) seleção de células com genes marcadores.

Fonte: Adaptado de PEEL, 2001.

Obtenção de linhagens de milho transgênicos

Após o processo de transformação gênica, regeneração da planta *in vitro*, faz-se então a transferência do gene de interesse para as linhagens elites, para só então ser possível a obtenção de um híbrido com o gene de tolerância a herbicida e, ou, resistência a insetos. Dessa forma, o método dos retrocruzamentos é o mais apropriado para transferência de um ou poucos genes (BORÉM; MIRANDA, 2013). Esse processo requer cruzamentos entre o genitor recorrente (linhagem elite) e o genitor doador (linhagem portadora do gene de interesse). Em seguida, são feitos retrocruzamentos entre as descendências selecionadas para o gene de interesse e o genitor recorrente, levando assim até seis gerações de retrocruzamentos para obter 99% do genoma do genitor recorrente (CARNEIRO et al., 2009). Entretanto, o uso de seleção assistida por marcadores pode reduzir para apenas três gerações de retrocruzamentos com o mesmo

Digitalizado com CamScanner

nível de recuperação do genoma do genitor recorrente (MORRIS et al., 2003).

Cultivares tolerantes a herbicidas

As plantas daninhas requerem para o seu desenvolvimento os mesmos fatores exigidos pela cultura do milho, por exemplo água, luz, nutrientes e espaço físico. É, portanto, um processo competitivo quando a cultura e as plantas daninhas se desenvolvem conjuntamente. É importante lembrar que os efeitos negativos causados pelas plantas daninhas não devem ser atribuídos exclusivamente à competição, mas sim a uma resultante total de pressões ambientais, que podem ser diretas (ex.: competição, alelopatia e interferência na colheita) e indiretas (ex.: hospedagem de insetos e doenças) (KARAM et al., 2006).

Algumas vantagens podem ser obtidas na adoção de cultivares tolerantes ao uso de herbicidas. Segundo Lyson (2002), estas seriam: *i*) facilidade de superar problemas de manejo de plantas daninhas; *ii*) facilidade para os produtores adotarem técnicas de manejo integrado ou dar continuidade ao manejo quando o controle cultural ou mecânico não são eficientes; *iii*) aumento nas opções de manejo de plantas daninhas; *iv*) economia para os produtores, visto que as culturas tolerantes diminuem os prejuízos causados pela deriva de herbicidas e pelos herbicidas persistentes no solo quando há rotação de culturas, além de possibilitar o controle das plantas daninhas botanicamente relacionadas à cultura; e *v)* maior segurança para o ambiente, devido a um menor número de princípios ativos de herbicidas utilizados.

No Brasil, o primeiro evento aprovado em 2007 para controle de plantas daninhas foi o Liberty Link (evento TN25), requerido pela Bayer. Este evento possui tolerância ao herbicida glufosinato de amônio, obtida pela introdução do gene que expressa a proteína PAT (Fosfinotricina N-acetyltransferase) isolada de *Streptomyces viridochromogenes* que, ao catalisar a acetilação da L-fosfinotricina, inativa o componente ativo. O glufosinato de amônio inibe a enzima glutamina sintetase, responsável pela incorporação da amônia ao ácido glutâmico para formar a glutamina. A inibição provocada pelo

Digitalizado com CamScanner

herbicida provoca carência de glutamina, inibição da fotossíntese e acúmulo de amônia, que atinge níveis tóxicos e leva à dessecação da planta.

Em 2008, um novo evento (NK603) com diferente mecanismo de tolerância a herbicida foi aprovado pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio), Milho Roundup Ready 2, requerido pela Monsanto. Este mesmo evento já tinha sido aprovado nos Estados Unidos desde 2000 e tem como característica a inserção do gene *cp4 epsps*, que codifica uma forma tolerante ao glifosato da enzima 5-enolpyruvlyshikimate-3-phosphate synthase (EPSPS), isolado da bactéria *Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4 (bactéria comumente encontrada no solo que causa galhas em plantas suscetíveis). O modo de ação do glifosato, causando a morte de plantas, acontece devido à sua capacidade de bloquear a atividade da enzima-alvo (EPSPS) pertencente à via biossintética dos aminoácidos aromáticos tirosina, fenilalanina e triptofano. Como resultado, as células de plantas que expressam a proteína CP4-EPSPS continuam produzindo os aminoácidos aromáticos essenciais ao seu metabolismo, mesmo na presença do glifosato.

Dessa forma, há no mercado brasileiro três opções de cultivares tolerantes a herbicidas (Tabela 7.1): *i)* cultivares tolerantes a glufosinato de amônio, com três eventos aprovados (TN25, Bt11 e TC 1507); *ii)* cultivares tolerantes a glifosato, com dois eventos aprovados (NK603 e GA21); e *iii)* cultivares tolerantes a glufosinato de amônio e glifosato, com quatro eventos aprovados (BT11 x GA21, TC 1507 x NK 603, BT11 x MIR162 x GA21, MON 89034 × TC1507 × NK603, TC1507 x MON 8010 x NK603).

Outra propriedade dos cultivares oriundos desses eventos é a baixa ou ausente fitotoxicidade aos herbicidas. Resultados comprovam que o glifosato e o glufosinato de amônio usados sobre as tecnologias transgênicas Roundup Ready e Liberty Link, respectivamente, demonstram efetivamente que não há reação de fitotoxicidade para o milho nas aplicações pós-emergentes (KAWAGUCHI et al., 2012).

Digitalizado com CamScanner

Tabela 7.1 - Descrição dos cultivares transgênicos de milho aprovados pela CTNBio para comercialização no Brasil entre 2007 e 2013

Nome comercial	Eventos	Organismo doador	Característica	Proteína	Obtentor	Ano de aprovação
Milho Liberty Link	T25	*Streptomyces viridochromogenes*	Tolerância ao glufosinato de amônio	PAT	Bayer	2007
YieldGard	MON 810	*Bacillus thuringiensis*	Resistência a insetos (Lepdópteros)	Cry1Ab	Monsanto	2007
Agrisure TL	BT 11	*Bacillus thuringiensis/Streptomyces viridochromogenes*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerante ao glufosinato de amônio	Cry1Ab / PAT	Syngenta	2007
Roundup Ready 2	NK603	*Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Tolerância ao glifosato	CP4-EPSPS	Monsanto	2008
TG	GA21	*Agrobacterium tumefaciens*	Tolerância ao glifosato	mEPSPS	Syngenta	2008
Herculex	TC1507	*Bacillus thuringiensis* var. aizawai /*Streptomyces viridochromogenes*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glufosinato de amônio	Cry1F / PAT	Du Pont / Dow AgroSciences	2008
Agrisure Viptera	MIR162	*Bacillus thuringiensis cepa AB88*	Resistência a insetos (Lepdópteros)	Vip3Aa20	Syngenta	2009
YieldGard/RR2	MON 810 x NK 603	*Zea mays/Bacillus thuringiensis/ Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glifosato	Cry1Ab / CP4-EPSPS	Monsanto	2009
Agrisure TL/TG	BT11 x GA21	*Zea mays/Bacillus thuringiensis /Agrobacterium tumefaciens*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glifosato	Cry1Ab / mEPSPS	Syngenta	2009
YieldGard VT PRO	MON 89034	*Bacillus thuringiensis*	Resistência a insetos (Lepdópteros)	Cry1A.105 e Cry2Ab2	Monsanto	2009
Herculex/RR2	TC 1507 x NK 603	*Zea mays/ Bacillus thuringiensis* var. aizawai/ *Streptomyces viridochromogenes, Agrobacterium tumefaciens*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerante ao glufosinato de amônio e glifosato	Cry1F / CP4-EPSPS e PAT	Du Pont	2009

Continua...

Digitalizado com CamScanner

Tabela 7.1 - Cont.

Nome comercial	Eventos	Organismo doador	Característica	*Proteína*	*Obtentor*	*Ano de aprovação*
YieldGard VT PRO 2	MON 89034 x NK 603	*Zea mays/ Bacillus thuringiensis/ Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glifosato	*Cry1A.105 e Cry2Ab2 / CP4-EPSPS*	*Monsanto*	*010*
Agrisure Viptera 3	BT11 x MIR162 x GA21	*Bacillus thuringiensis, Escherichia coli* cepa K-12/*Streptomyces viridochromogenes, Agrobacterium tumefaciens*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glufosinato de amônio e glifosato	*Cry1Ab e Vip3Aa20 / PAT e mEPSPS*	*Syngenta*	*2010*
MON 88017	MON 88017	*Bacillus thuringiensis* subesp. *kumamotoensis/ Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Resistência a insetos (Coleópteros) e tolerância ao glifosato	*Cry3Bb1 / CP4-EPSPS*	*Monsanto*	*2010*
Power Core PW/Dow	MON 89034 × TC1507 × NK603	*Zea mays/ Bacillus thuringiensis, Bacillus thuringiensis* var. aizawai/ *Streptomyces viridochromogenes, Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glufosinato de amônio e glifosato	*Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry1F / PAT e CP4-EPSPS*	*Monsanto / Dow AgroSciences*	*2010*
TC1507 x MON 8010 x NK603	TC1507 x MON 8010 x NK603	*Zea mays/ Bacillus thuringiensis* var. aizawai, *Bacillus thuringiensis/ Streptomyces viridochromogenes/ Agrobacterium tumefaciens* cepa CP4	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glufosinato de amônio e glifosato	*Cry1F e Cry1Ab / PAT e CP4-EPSPS*	*Du Pont*	*2011*
TC1507 x MON810	TC1507 x MON810	*Zea mays/Bacillus thuringiensis* var. aizawai/ *Bacillus thuringiensis*	Resistência a insetos (Lepdópteros) e tolerância ao glufosinato de amônio	*Cry1F eCry1Ab / PAT*	*Du Pont*	*2011*
YieldGard VT PRO 3	MON 89034 x MON 88017	*Zea mays/Bacillus thuringiensis/Bacillus thuringiensis* subesp. *Kumamotoensis/ Agrobacterium* sp. cepa CP4	Resistência a insetos (Lepdópteros e Coleópteros) e tolerância ao glifosato	*Cry1A.105, Cry2Ab2 e Cry3Bb1 / CP4-EPSPS*	*Monsanto*	*2011*
Herculex XTRA™ maize	TC1507 x DAS-59122-7	*Zea mays/Bacillus thuringiensis* var. aizawai/*Bacillus thuringiensis* cepa PS149B1/ *Streptomyces viridochromogenes*	Resistência a insetos (Lepdópteros e Coleópteros) e tolerância ao glifosato	*Cry1F, Cry 34Ab1 e Cry35Ab1 / PAT*	*Du Pont*	*2013*

Digitalizado com CamScanner

Manejo para minimizar o risco do surgimento de plantas daninhas resistentes

Antes que as falhas de controle sejam notadas no campo, algumas práticas podem ser implantadas para minimizar o risco do surgimento de plantas resistentes. Estas práticas baseiam-se na diminuição da pressão de seleção e no controle dos indivíduos resistentes antes que eles possam se multiplicar (SILVA et al., 2011). Isso pode ser empregado com: *i*) rotação no uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; *ii*) aplicações sequenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; *iii*) mistura de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e de detoxificação; *iv*) limitação de aplicações de um mesmo herbicida; *vi*) uso de herbicidas com menor pressão de seleção; *vii*) rotação do plantio de culturas; *viii*) rotação dos métodos de controle de plantas daninhas; *ix*) uso de sementes certificadas; *x*) e controle de plantas em áreas adjacentes (terraços, pós-colheita).

Concomitante, o uso de eventos piramidados (CP4-EPSPS + PAT) para tolerância a herbicidas facilitará a utilização de produtos com diferentes mecanismos de ação, o que deverá resultar em um controle eficiente por maior número de anos que ambos aplicados de forma isolada, já que a probabilidade de uma planta daninha tornar-se resistente aos dois mecanismos, simultaneamente, é menor. Para minimizar os riscos de resistência, os herbicidas que compõem a mistura devem controlar o mesmo espectro de plantas daninhas e diferente mecanismo de ação e de detoxificação. Isto deve ser constantemente usado, pois as boas práticas culturais visam aumentar o número de possibilidades de controle das plantas daninhas (SILVA et al., 2007), restringindo o surgimento de resistência dessas.

Cultivares resistentes a insetos-praga

As mudanças que ocorreram na cultura do milho nas últimas décadas foram marcantes, ou seja, de uma condição de lavoura de subsistência passou a ser uma atividade comercial de relevância econômica no agronegócio. Mas, para isso, foram realizados

Digitalizado com CamScanner

Manejo para minimizar o risco do surgimento de plantas daninhas resistentes

Antes que as falhas de controle sejam notadas no campo, algumas práticas podem ser implantadas para minimizar o risco do surgimento de plantas resistentes. Estas práticas baseiam-se na diminuição da pressão de seleção e no controle dos indivíduos resistentes antes que eles possam se multiplicar (SILVA et al., 2011). Isso pode ser empregado com: *i*) rotação no uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; *ii*) aplicações sequenciais de herbicidas com diferentes mecanismos de ação; *iii*) mistura de herbicidas com diferentes mecanismos de ação e de detoxificação; *iv*) limitação de aplicações de um mesmo herbicida; *vi*) uso de herbicidas com menor pressão de seleção; *vii*) rotação do plantio de culturas; *viii*) rotação dos métodos de controle de plantas daninhas; *ix*) uso de sementes certificadas; *x*) e controle de plantas em áreas adjacentes (terraços, pós-colheita).

Concomitante, o uso de eventos piramidados (CP4-EPSPS + PAT) para tolerância a herbicidas facilitará a utilização de produtos com diferentes mecanismos de ação, o que deverá resultar em um controle eficiente por maior número de anos que ambos aplicados de forma isolada, já que a probabilidade de uma planta daninha tornar-se resistente aos dois mecanismos, simultaneamente, é menor. Para minimizar os riscos de resistência, os herbicidas que compõem a mistura devem controlar o mesmo espectro de plantas daninhas e diferente mecanismo de ação e de detoxificação. Isto deve ser constantemente usado, pois as boas práticas culturais visam aumentar o número de possibilidades de controle das plantas daninhas (SILVA et al., 2007), restringindo o surgimento de resistência dessas.

Cultivares resistentes a insetos-praga

As mudanças que ocorreram na cultura do milho nas últimas décadas foram marcantes, ou seja, de uma condição de lavoura de subsistência passou a ser uma atividade comercial de relevância econômica no agronegócio. Mas, para isso, foram realizados

Digitalizado com CamScanner

investimentos expressivos em tecnologia, como o uso de corretivos, adubação, mecanização, cultivares melhorados e adequação do manejo cultural. Outras práticas, por exemplo o plantio direto, a irrigação e o cultivo da safrinha, também levaram a alterações significativas no agroecossistema brasileiro (WAQUIL, 2009). Mas, nas lavouras de milho, embora tenha havido investimentos em larga escala, as perdas causadas por pragas ainda constituem fator limitante para se obterem altas produtividades (PURCINO et al., 2009).

Dessa forma, as lagartas, insetos da ordem dos Lepidópteros, são as mais sérias pragas da cultura do milho. O uso de inseticidas químicos foi o método mais comum de controle dessas nas últimas décadas. Assim, duas importantes consequências do controle químico das lagartas estimularam os cientistas a buscarem formas alternativas: poluição ambiental decorrente dos inseticidas e seu elevado custo (BORÉM, 2005). Dentro deste contexto, a categoria de controle de insetos-praga é a mais conhecida das biotecnologias voltadas para a agricultura. Como resultado, permite a redução de algumas práticas agrícolas e aplicações de agroquímicos no processo de produção agrícola (DUARTE, 2001).

O primeiro evento em milho resistente a insetos-praga aprovado foi o Bt 176 da Syngenta, nos Estados Unidos, em 1996. No Brasil, 11 anos depois, em 2007, aconteceu a produção do evento MON 810 da Monsanto (YieldGard), expressando a proteína CryAb (Tabela 7.1), e do evento Bt 11 (Agrisure TL) da Bayer, o qual expressa também a proteína CryAb. Após esses eventos iniciais, foram aprovados outros 14 eventos para resistência a insetos-praga (Tabela 7.1): um evento em 2008, cinco em 2009, quatro em 2010; três em 2011 e um em 2013. Estes eventos para resistência a insetos-praga, isolados ou combinados com outros eventos para tolerância a herbicidas, na sua grande maioria, proporcionaram a crescente adoção dos cultivares transgênicos pelos produtores no Brasil, fato este comprovado pelo crescente número de lançamento de cultivares com esta tecnologia desde sua liberação para o plantio na safra 2008/09, que era de 5,91% do total, passando para 45,09% na safra 2012/13, segundo a Embrapa.

De forma análoga, esta adoção do cultivar Bt está atrelada a um efetivo combate à lagarta-do-cartucho do milho (LCM), *Spodoptera frugiperda*. Esta praga pode causar perdas de 17% a

Digitalizado com CamScanner

38,7% na produção (WAQUIL et al., 2002). Assim, após o uso de cultivares de milho Bt, evidenciou-se redução na suscetibilidade do milho a LCM, contribuindo para amenizar de forma considerável os prejuízos causados (MENDES et al., 2008). Em outro trabalho, Waquil et al. (2002) verificaram que, em geral, os cultivares transgênicos resistentes produziram cerca de 32% a mais que as testemunhas suscetíveis, com base no peso de grãos, devido ao ataque da LCM, ou seja, deixaram de perder 32% da produção efetiva.

As proteínas Bt, bem como as VIPs, são importantes para o controle não apenas da LCM, mas para muitas outras Lepidopteras e alguns Coleópteros-praga, como visto a seguir: *i*) Lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*): Cry1Ab, Cry1F, Vip*3Aa20*, Cry1A.105 e Cry2Ab2; *ii*) Lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*): Cry1Ab, Vip*3Aa20*, Cry1A.105 e Cry2Ab2; *iii*) Broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*): Cry1Ab, Cry1F, Vip*3Aa20*, Cry1A.105 e Cry2Ab2; *iv*) Coleopteros: vaquinha (*Diabrotica speciosa*); e western corn rootworm (*Diabrotica virgifera*): Cry3Bb1.

Outra praga que preocupa os agricultores é a *Helicoverpa armigera*, que possui grande mobilidade, polifagia e alta taxa de reprodução. Nesta questão, é primordial o controle biológico com *Trichogramma*, inseticidas recomendados (cultivar não Bt) e também o plantio de cultivares Bt piramidados com dois ou mais eventos inseridos. O uso do cultivar Bt pode trazer bons resultados, pois já foi relatado na Austrália que proteínas Cry1Ab, Cry1Ac, Cry2Aa e Cry2Ab controlaram H. *armigera* em doses que podem ser consideradas aceitáveis (LIAO et al., 2002).

Modo de ação das proteínas Cry e VIPs

O modo de ação das proteínas Cry tem sido caracterizado principalmente em lepidópteros. A ação primária de proteínas Cry é a lise das células epiteliais do intestino médio de insetos-praga pela formação de poros nas microvilosidades apicais das membranas das células. As proteínas Cry passam de protoxinas (inclusão cristalina) para oligômeros, que se inserem em membranas que causam o vazamento de íons e a lise celular. As inclusões cristalinas são ingeridas por larvas suscetíveis e dissolvidas em meio alcalino do

Digitalizado com CamScanner

intestino, enquanto as protoxinas inativas são solubilizadas por proteases do intestino médio (BRAVO et al., 2005). A ativação da toxina envolve a remoção proteolítica de um peptídeo N-terminal (25-30 aminoácidos para proteínas Cry1, 58 para Cry3A e 49 para Cry2Aa) e aproximadamente metade da proteína restante do C-terminal em longas protoxinas Cry. Desse modo, em todas os cultivares Bt comercialmente disponíveis e que usam proteínas Cry, a causa da morte é somente a toxina, pois os genes inseridos produzem diretamente a toxina ativa, a qual se liga aos receptores da parede do intestino médio, induzindo a formação de poros, lise celular, septicemia e morte do inseto.

As proteínas inseticidas vegetativas, denominadas VIP, são produzidas por algumas cepas durante sua fase vegetativa de crescimento e não formam inclusões cristalinas. São divididas em duas classes: Vip3A e Vip1 e Vip2. Na primeira classe, as Vip3A, estão as proteínas de 88,5 kDa, ativas contra amplo espectro de lepidópteros-praga. Na segunda, estão presentes as Vip1 e Vip2, as quais têm peso molecular de 100 kDa e 52 kDa, respectivamente, e são tóxicas a alguns coleópteros (YU et al., 1997). Nesses insetos, as células do epitélio do intestino médio são o alvo primário para as proteínas Vip3A, e a subsequente lise dessas células parece ser o mecanismo primário da causa da mortalidade. As proteínas Vip3A atuam de forma semelhante às proteínas Cry; contudo, apresentam propriedades distintas de ligação das Cry, indicando baixo potencial de resistência cruzada entre proteínas Vip3A e Cry (JACKSON et al., 2007).

Apesar dessa ação tóxica sobre insetos-praga, o Bt não apresenta histórico de patogenicidade sobre mamíferos, porque o modo de ação dessas endotoxinas depende de pH alcalino (8-10) para serem solubilizadas, condição não encontrada no intestino de mamíferos, que é ácido (ALMEIDA et al., 2011b).

Manejo do risco de surgimento de insetos-praga resistentes

Algumas estratégias podem ser usadas para evitar o aparecimento de insetos-praga resistentes ou ao menos retardar o seu

Digitalizado com CamScanner

aparecimento, podendo-se destacar: *i*) monitoramento; *ii*) alta dose e uso de refúgio; *iii*) piramidação de genes Bt; *iv*) baixa dose/MIP (controle biológico); e *v*) rotação de culturas. Além dessas, outras estratégias, como mistura de sementes, expressão seletiva, local e temporal de proteínas Bt e plantas-armadilhas podem ser utilizadas para esses fins, as quais são amplamente discutidas em Leite et al. (2011).

Monitoramento – Conforme estabelecido pela CTNBio, qualquer organismo geneticamente modificado requer um monitoramento pós-liberação comercial. No caso das plantas transgênicas, o monitoramento deve atentar para a "quebra" da resistência e, se possível, da frequência dos alelos de resistência nas populações de insetos-praga, sendo este monitoramento uma das chaves do sucesso na utilização dos cultivares transgênicos como atividade inseticida.

Alta dose e uso de refúgio – A alta expressão da proteína inseticida torna ineficaz qualquer mecanismo que confere ao inseto níveis de resistência baixos ou moderados. Admite-se que nessa condição a maioria dos heterozigotos (RS) serão eliminados, ou seja, o cultivar transgênico deve atuar sobre todos os insetos homozigotos suscetíveis (SS) e os heterozigotos. Desse modo, sobrevive uma ínfima porção de homozigotos resistentes (RR) (OSTLIE et al., 1997). Entende-se como alta dose a planta que expressa a proteína inseticida em concentração de pelo menos 25 vezes a que seria necessária para matar 99% de uma população suscetível de referência.

O refúgio compreende a área em que determinada parcela da população (insetos) não é exposta à pressão de seleção, ou seja, pode sobreviver, reproduzir e acasalar-se com os indivíduos sobreviventes da área com o cultivar Bt e gerar descendentes heterozigotos suscetíveis. No Brasil, a recomendação técnica da área de refúgio para o milho Bt varia de 5% a 20% da área total (Figura 7.3). Essa recomendação é influenciada especialmente pela eficácia da proteína utilizada, sobretudo em se tratando de eventos piramidados.

Outros detalhes importantes: *i*) a área de refúgio não deve estar a mais de 800 m de distância dos cultivares transgênicos (distância máxima verificada pela dispersão dos adultos de *S. frugiperda*); *ii*) não se recomenda, nessas áreas, a aplicação de inseticidas à base de Bt, isso implica seleção de indivíduos resistentes

Digitalizado com CamScanner

e menor efetividade da tecnologia ao longo de tempo; e *iii*) o milho convencional usado pode ser o mesmo cultivar sem o transgene ou, então, um cultivar com características agronômicas similares ao transgênico usado.

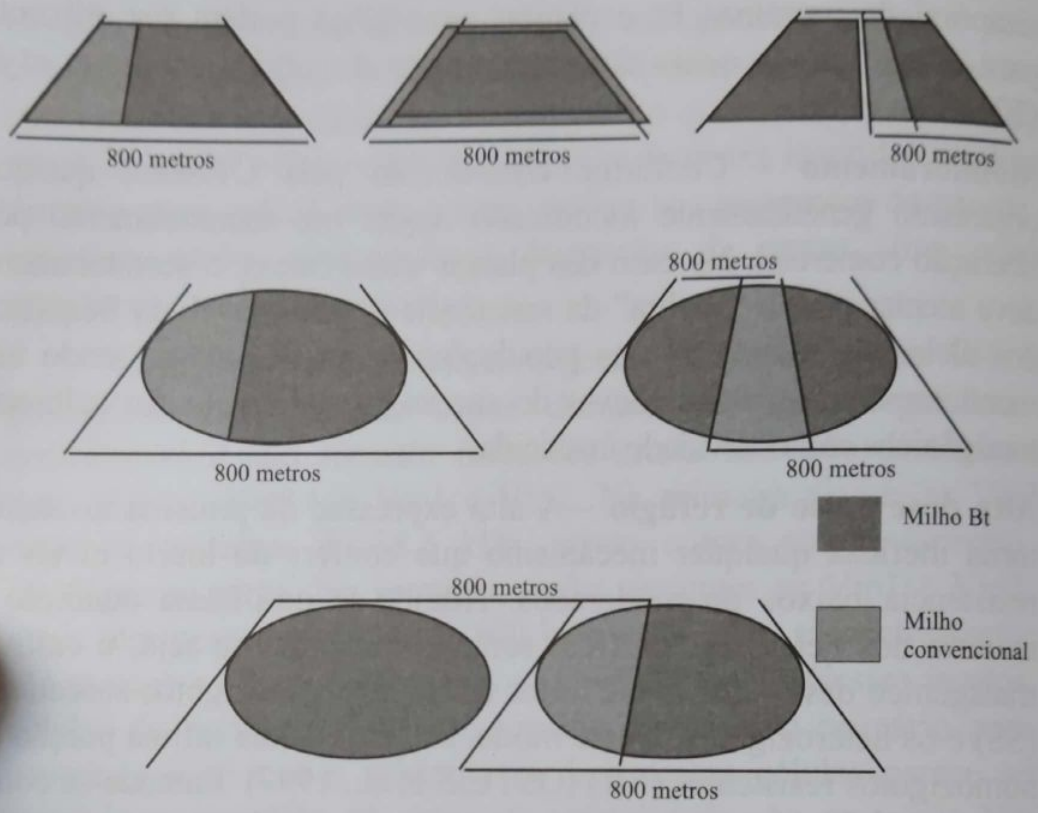


Figura 7.3 - Áreas de refúgio em lavouras tradicionais e em pivô central.

Fonte: AGROCERES, 2013.

Piramidação de genes Bt – A primeira geração de cultivares Bt foi composta por plantas que expressam uma única proteína. Já a segunda geração consiste de cultivares que expressam duas ou mais proteínas com ação inseticida, sendo denominados cultivares Bt piramidados. Essa piramidação de genes é particularmente importante, pois permite a expressão de distintos mecanismos de resistência contra insetos-praga, resultando uma resistência mais eficaz e duradoura (ARAGÃO; ANDRADE, 2011).

Baixa dose/MIP (controle biológico) – Estratégia que pode ser usada quando há baixa dose da proteína Bt, como é o caso dos cultivares de

Digitalizado com CamScanner

milho expressando a proteína Cry1Ab para o controle de *S. frugiperda*, quando se utiliza o manejo integrado de pragas, com ênfase não só no controle biológico natural como também nos demais métodos de controle biológico, clássico ou inoculativo, inundativo e conservativo, ou quando se utiliza maior área de refúgio em relação a um cultivar que expressa a proteína em alta dose para o inseto-praga (MAIA, 2003).

Rotação de culturas – Esta rotação deve ser feita com culturas que expressam diferentes proteínas Bt ou, então, com culturas não Bt, podendo ser da mesma espécie ou de espécies diferentes, ou seja, com espécies hospedeiras ou não hospedeiras do inseto-praga. No entanto, o uso de espécies não hospedeiras poderá resultar em maiores benefícios devido à não evolução da resistência da praga (MAIA, 2003).

Coexistência

A Resolução Normativa nº 4 da CTNBio, em seu artigo primeiro (http://www.ctnbio.gov.br/index.php/content/view/4687.html), estabelece as distâncias mínimas de isolamento a serem observadas entre cultivos comerciais de milho geneticamente modificado e não geneticamente modificado (convencional – não Bt), para permitir a coexistência entre os diferentes sistemas de produção no campo. Assim, é exigida uma distância superior a 100 m entre a lavoura comercial de milho geneticamente modificado e outra de milho convencional ou, então, 20 m, desde que acrescida de bordadura com no mínimo 10 fileiras de plantas de milho convencional de porte e ciclo vegetativo similar ao milho geneticamente modificado (Figura 7.4).

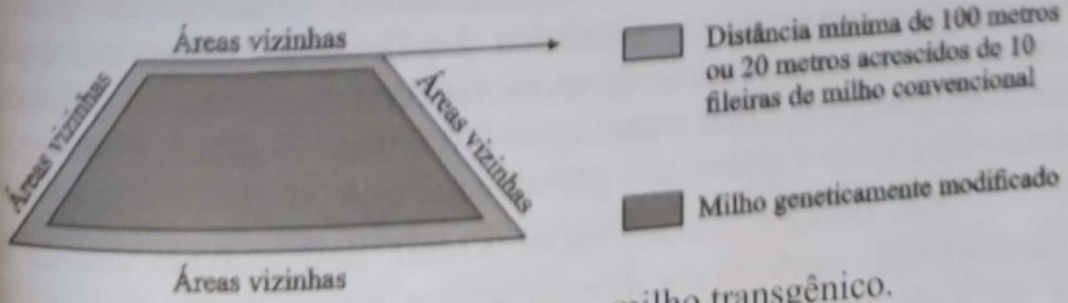


Figura 7.4 - Área de coexistência para milho transgênico.

Fonte: AGROCERES, 2013.

Digitalizado com CamScanner

Tendências de cultivares transgênicos para o mercado brasileiro

Os eventos e, posteriormente, os cultivares transgênicos de milho aprovados e lançados no Brasil normalmente são de origem de eventos já consolidados no mercado norte americano. Exceção ocorreu com o milho MIR 162, portador do gene *vip3Aa20*, aprovado para plantio pela primeira vez no Brasil e, em seguida, em outros países, incluindo os EUA.

Um dos eventos que poderá ser trazido para o Brasil é o SmartStax, desenvolvido pela Monsanto e Dow AgroSciences e já aprovado nos Estados Unidos. Este evento possui oito genes combinados pelo cruzamento de eventos pré-existentes: MON89034 x TC1507 x MON88017 x DAS59122. O SmartStax contém seis genes Bt para tolerância a insetos-praga (coleópteros e lepidópteros) e dois genes para tolerância a herbicidas (glifosato e glufosinato de amônio). Os genes introduzidos foram: bar ou pat (dos eventos DAS-59122 e TC1507, que codifica para a fosfinotricina acetiltransferase), CP4 epsps (do evento NK603, que codifica para a enolpiruvil-chiquimato fosofo-sintase), cry1A.105 (do evento MON 89034), cry2Ab (do evento MON 89034), cry3Bb1 (do evento MON 8801), cry1Fa2 (do evento TC1507), cry35Ab1 (do evento DAS-59122-7) e cry34Ab1 (do evento DAS-59122). A combinação de vários genes para resistência a insetos a EPA (Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana) permitiu redução na área de refúgio cultivada com plantas não geneticamente modificadas de 20% para 5%, já adicionados à embalagem do produto, revolucionando a forma de adoção de refúgio neste caso.

Outro evento que aguarda aprovação dos órgãos regulatórios americanos é o Enlist (Dow AgroSciences), desenvolvido para a tolerância à aplicação do herbicida 2,4-D. Este evento tem como objetivo facilitar o controle de ervas daninhas resistentes ao glifosato. Existem variantes dessa tecnologia: Enlist Duo (2,4-D + glifosato) e Enlist E3 (2,4-D + glifosato + glifosinato de amônio).

Um terceiro evento, MON 87460, desenvolvido através de transformação mediada por *Agrobacterium*, possui o gene *cspB* obtido a partir do *Bacillus subtilis*, expressando a proteína B *cold shock protein* (CSPB), já aprovado nos Estados Unidos. Os cultivares

Digitalizado com CamScanner

desenvolvidos a partir deste evento têm capacidade de absorver água de forma mais lenta, logo, em uma condição de crescimento normal, o gene não é transcrito e a proteína CSPB não é expressa na planta. Mas, quando há déficе hídrico, ocorre a expressão da CSPB. Eventos com esse transgene podem trazer amplos benefícios à agricultura brasileira, principalmente devido às frequentes secas registradas na maioria das áreas agrícolas produtoras de milho do país.

Biossegurança de plantas geneticamente modificadas

Antes de qualquer aprovação de eventos envolvendo plantas geneticamente modificadas, são imprescindíveis os estudos e as avaliações da Biossegurança, sendo essa possível pela aplicação adequada de análise de risco/segurança e da gestão do risco. Essas avaliações de risco de plantas geneticamente modificadas devem se fundamentar em dados científicos sólidos e ser aplicadas caso a caso (OECD, 2007).

Análise de risco

Procedimento científico que auxilia na busca sistematizada de informações sobre determinado perigo, de forma a permitir a avaliação do risco envolvido e a adoção de medidas para eliminar ou controlar o perigo detectado (LAJOLO; NUTTI, 2003). Verifica-se, portanto, que o objetivo da avaliação de biossegurança de plantas geneticamente modificadas é identificar e avaliar os riscos associados à liberação e ao cultivo dessas plantas, em comparação com o cultivar isogênico não transgênico, que tem história de uso seguro. Para tal, conforme amplamente descritos por Vasconcelos et al. (2011), devem-se considerar a: *i*) caracterização molecular e estabilidade da modificação genética; *ii*) demonstração da inexistência de alterações não intencionais nos níveis de nutrientes essenciais, substâncias tóxicas ou antinutrientes naturais ou a biodisponibilidade de nutrientes; *iii*) análise toxicológica; iv) avaliação do potencial alergênico do novo cultivar; *v*) avaliação do potencial de transferência

Digitalizado com CamScanner

horizontal e vertical dos genes de interesse; *vi*) avaliação do potencial do evento transgênico em comportar-se como planta voluntária; e *vii*) avaliação dos possíveis efeitos adversos em organismos não alvo.

Análise de risco ambiental

O objetivo da avaliação de risco ambiental de plantas geneticamente modificadas é identificar e avaliar os riscos ambientais associados à liberação e ao cultivo dessas plantas, em comparação com um análogo convencional que tem história de uso seguro. A análise de risco ambiental inclui estudos sobre a transferência de genes para plantas relacionadas e organismos não relacionados (fluxo gênico), sobre o risco de aparecimento de plantas com maior potencial de invasão e colonização de habitats e sobre os efeitos adversos em organismos não alvo (VASCONCELOS et al., 2011).

O fluxo gênico ocorre quando há transferência de gene de uma população para outra, ou seja, troca de alelos entre elas. Este pode ocorrer por meio da dispersão de semente ou de pólen e ser vertical, quando envolve cultivares e, ou, populações da mesma espécie. Pode ser também horizontal, quando envolve a hibridação entre espécies diferentes (VASCONCELOS et al., 2011).

No Brasil, isso não é uma preocupação, pois se deve ao fato de que no território nacional não ocorrem espécies que cruzam com o milho, como acontece no México, onde há o ancestral comum do milho, o teosinto (*Zea mays* subsp. mexicana), endêmico em algumas regiões. Cabe uma ressalva: devido à Medida Provisória 306 (novembro de 2006), é proibido o plantio de cultivares transgênicos em reservas indígenas, evitando assim o fluxo gênico com variedades crioulas cultivadas por estes povos.

Em relação aos efeitos nos organismos não alvos, Mendes et al. (2009) avaliaram e monitoraram organismos-alvo e não alvo na pós-liberação comercial de cultivares transgênicos de milho, ao qual apresentaram falta de um padrão diferencial entre a população de predadores nos cultivares Bts e não Bts, indicando ausência de interferência desse fator no terceiro nível trófico (predadores naturais de insetos-alvo), ocorrendo assim populações normais em ambos. Os predadores que ocorreram foram as tesourinhas (*Doru*

Digitalizado com CamScanner

luteipes e *Euborelia* sp.), *Orius insidiosus*, *Hyperaspis* sp., *Scymnus* sp. e outros pertencentes às famílias Reduviidae, Carabidae, Coccinellidae e Chrysopidae.

Quanto à interação de proteínas Bt com o solo, estudos mostram que parte das proteínas é, em primeira instância, adsorvida nas partículas de solo e a outra, biodegradada pelos microrganismos (CRECCHIO; STOTZKY, 2001).

Monitoramento

Uma vez liberada comercialmente, uma planta geneticamente modificada poderia ser considerada tão segura quanto sua correspondente não transgênica. Entretanto, a Resolução Normativa nº 5 da CTNBio (http://www.ctnbio.gov.br/index. php/content/view/11444.html) exige o monitoramento dos impactos de organismos geneticamente modificados sobre a saúde humana e animal e sobre o ambiente, mesmo que a análise de risco não tenha indicado dúvidas quanto à segurança do evento ou de combinação entre deles (ARAGÃO et al., 2011).

Considerações finais

Os cultivares transgênicos constituem nova alternativa de tecnologia na agricultura, tendo aumentado exponencialmente sua participação nas áreas que cultivam milho de forma consolidada, apresentando também diversos benefícios para quem a adota. No entanto, para o correto uso desses cultivares é necessário atender aos cuidados com a biossegurança, atentar para o emprego do manejo de campo eficiente, bem como lançar mão do uso da piramidação de genes. Tudo isso com o intuito de promover e assegurar a saúde humana, animal e ambiental, mas também como forma de prevenir a resistência de insetos-praga e plantas daninhas, aumentando assim a vida útil dessa tecnologia.

Digitalizado com CamScanner

Referências

ANDRADE, G.S.; ALMEIDA, G.D.; BORÉM, A. Variedades com eventos piramidados. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 532 p.

ARAGÃO, F.J.L.; BRONDANI, R.P.V.; BURLE, M.L. *Phaseolus*. In: CHITTARANJAN, Cole (Ed.). **Wild crop relatives**: genomic and breeding resources. Berlin: Springer Verlag, 2011. p. 223-236.

ARAGÃO, F.J.L.; ANDRADE, P.P. Variedades com Eventos Piramidados. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 532 p.

ALMEIDA, G.D.; SALGADO, C.C.; BORÉM, A. Transformação gênica: a obtenção de plantas geneticamente modificadas. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011a. 532 p.

ALMEIDA, G.D.; ANDRADE, G.S.; SOBREIRA, F.M.; VALICENTE, F.H. Plantas geneticamente modificadas no manejo integrado de pragas. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011b. 532 p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de Plantas**. 6. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: Editora UFV, 2013. 523 p.

BORÉM, A. Variedades transgênicas e meio ambiente. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, n. 34, p. 91-98, 2005.

BRASILEIRO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação genética de plantas. In: TORRES, A.C. et al. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Parte IV. Brasília, DF: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPH, 1999. v. 2, p. 679-735.

BRAVO, A.; GILL, S.S.; SOBERÓN, M. ***Bacillus thuringiensis* mechanisms and use in**: comprehensive molecular insect science. Amsterdam: Elsevier BV, 2005. p. 175-206,

CARNEIRO, A.A.; GUIMARÃES, C.T.; VALICENTE, F.H.; WAQUIL, J.M.; VASCONCELOS, M.J.V.; CARNEIRO, N.P.; MENDES, S.M. **Milho Bt**: Teoria e prática da produção de plantas transgênicas resistentes a insetos-praga. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2009. 26 p. (Circular Técnica, 135).

CÉLERES. **Realidade e perspectiva para o Brasil**: benefícios econômicos do uso do milho transgênico. Sete Lagoas, MG, 2016. (2º Workshop Milho Transgênico).

CRECCHIO, C.; STOTZKY, G. Biodegradation and insecticidal activity of the toxin from *Bacillus thuringiensis* subsp. *Kurstaki* bound on complexes of montmorillonite-humic acids-alhydroxypolymers. **Soil Biology and Biochemistry**, n. 33, p. 573-581, 2001.

CRUZ, J.C. **Sistema de produção**. (Série 2008/09 – 2012/13. Versão Eletrônica – 4. ed.). 8. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008-2012.

DUARTE, J. de O. **Effects of the biotechnology and intellectual property right law in the seed industry**. 2001. Tese (Doutorado) – University of Nebraska, Lincoln, 2001.

DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; CRUZ, J.C. **Aspectos econômicos da produção de milho transgênico**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009.15 p. (Circular Técnica, 127).

DOW AGROSCIENCE. **Boletim Técnico Herculex e Roundup Ready 2**. 2011. 24 p.

HERRERA-ESTELLA, L.; SIMPSON, J.; MARTÍNEZ-TRUJILLO. Transgenic plants: a historical perspective. In: PEÑA, L. (Ed.). **Transgenic plants**: methods and protocols. [S.l.]: Humana Press, 2005. p. 3-34.

JACKSON, R.E.; MARCUS, M.A.; GOULD, F.; BRADLEY JUNIOR, J.R.; VAN DUYN, J.W. Cross-resistance responses of Crylac-selected *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to the *Bacillus thuringiensis* protein VIP3A. **Journal of Economic Entomology**, n. 100, p. 180-186, 2007.

KARAM, D.; MELHORANÇA, A.L.; OLIVEIRA, M.F. **Plantas daninhas na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 8 p.

KAWAGUCHI, I.T.; BLUMER, L.; OLIVEIRA JR., J.A.; FERREIRA NETO, A. Avaliação da eficiência agronômica do glifosato e do glufosinato de amônio no controle de plantas daninhas nas culturas do milho roundupready® e do milho herculex. **Resumos exp. *XXVIII CBCPD***, Campo Grande, MS, 2012.

LAJOLO, F.M.; NUTTI, M.R. **Transgênicos**: bases científicas da sua segurança. São Paulo: SBAN, 2003. 110 p.

LEITE, N.A.; MENDES, S.M.; WAQUIL, J.M.; PEREIRA, E.J.G. **O milho Bt no Brasil**: a situação e evolução da resistência de insetos. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 45 p.

LIAO, C.Y.; HECKEL, D.G.; AKHURST, R. Toxicity of *Bacillus thuringiensis* insecticidal proteins for Helicover paarmigera and Helicover papunctigera (Lepidoptera: Noctuidae), major pests of cotton. **J. Invertebr. Pathol.**, v. 80, p. 55-63, 2002.

LYSON, T. Advanced agricultural biotechnologies and sustainable agriculture. **Trends in Biotechnology**, Oxford, v. 20, p. 15-19, 2002.

MAIA, A.H.N. **Modelagem da evolução da resistência de pragas a toxinas bt expressas em culturas transgênicas**: quantificação de risco utilizando análise de incertezas. 2003. 108 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, 2003.

MENDES, S.M.; WAQUIL, J.M. **Uso do milho Bt no manejo integrado de lepidópteros-praga**: recomendações de uso. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Comunicado técnico, 170).

MENDES, S.M.; MARUCCI, R.C.; MOREIRA, S.G.; WAQUIL, J.M. **MilhoBt**: avaliação preliminar da resistência de híbridos comerciais à lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda (J. E. Smith 1797). Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 8 p. (Comunicado técnico, 157).

Digitalizado com CamScanner

MONSANTO. **Prática de gestão responsável**: área de refúgio. Disponível em: <http://www.yieldgard.com.br/praticasGestao.asp>. Acesso em: 29 Jul. 2013.

MOURA, M.F.; VENCOVSKY, R.; SILVA, J.F.V.; MORAIS, L.K.; MOURA, N.F.; PINHEIRO, J.B. Parâmetros genéticos da resistência da soja ao nematóide de cisto Raça 1. **Bragantia**, n. 67, p. 119-25, 2008.

MORRIS, M.; DREHER, K.; RIBAUT, J.M.; KHAIRALLAH, M. Money matters (II): costs of maize inbred line conversion schemes at CIMMYT using conventional and marker. In: HILL, M.; KADWELL, S.; LAUNIS, K.; LEWIS, K. Assisted selection. **Molecular Breeding**, n. 11, p. 235-247, 2003.

OSTLIE, K.R.; HUTCHISON, W.D.; HELLMICH, R.L. **Bt corn and European corn borer**: long-term success through resistance management. St. Paul: University of Minnesota Extension Service, 1997.

OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. Consensus document on safety information on transgenic plants expressing *Bacillus thuringiensis* – Derived insect control proteins. **Series on harmonization of regulatory oversight in biotechnology**. [S.l.], 2007. 42 p.

PEEL, D.M. **A basic primer on Biotechnology**. 2001. Disponível em: <http//www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/crop/a1219w.htm>. Acessado em: 29 Jun. 2013.

PURCINO, A.C.; WAQUI, J.M.; CRUZ, J.C.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; MENDES, S.M. Milho Bt: vantagens para a cadeia produtiva e a viabilidade da coexistência. **Grão em Grão**, Sete Lagoas, MG, v. 3, n. 15, 2009. Disponível em: <http://www.cnpms.Embrapa.br/grao/15_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm>. Acesso em: 28 Jul. 2013.

SANFORD, J. C. The biolistic process. **Trends in Biotechnology**, n. 6, p. 299-302, 1988.

SILVA, A.A.; FERREIRA, FERREIRA, E.A.; VARGAS, L. Variedades com Eventos Piramidados. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 532 p.

SILVA, A.A.; VARGAS, L.L.; FERREIRA, E.A. Herbicidas: resistência de plantas. In: SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. p. 280-324.

VASCONCELOS, M.J.V.; CARNEIRO, A.A.; VALICENTE, F.H. Biossegurança de plantas geneticamente modificadas. In: BORÉM, A. (Ed.). **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 532 p.

WAQUIL, J.M.; VILELLA, F.M.F.; FOSTER, J.E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (*Bt.*) à lagarta-do-cartucho, Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, MG, v. 1, n. 3, p.1-11, 2002.

WAQUIL, J.M. Introdução do híbrido Bt: uma revolução no Manejo Integrado de Pragas na cultura do milho. **Grão em Grão**, Sete Lagoas, v. 3, n. 14, 2009.

Disponível em: <http://www.cnpms.Embrapa.br/grao/14_edicao/grao_em_grao_artigo_01.htm>. Acesso em: 20 Jul. 2013.

YU, C.G.; MULLINS, M.A.; WARREIN, G.W.; KOZIEL, M.G.; ESTRUCH, J.J. The *Bacillus thuringiensis* vegetative insecticidal protein VIP3A lyses mid gut epithelium cells of susceptible insects. **Applied and Environmental Microbiology**, n. 63, p. 532-536, 1997.

Digitalizado com CamScanner

8 MANEJO DA IRRIGAÇÃO

Camilo de Lelis Teixeira de Andrade[1] e *Paulo Emilio Pereira Albuquerque*[2]

Atualmente, menos de seis milhões de hectares são irrigados no Brasil, mas o Governo Federal pretende ampliar esta área para 30 milhões até 2030. Nos Estados de Minas Gerais e Rio Grande do Sul estão em curso planos de incentivo ao uso da irrigação, e vários outros estados estão em processo de fazê-lo. O milho certamente estará envolvido nos sistemas de produção como cultura principal ou componente de rotação ou de sucessão. Além do mais, o lançamento de cultivares mais produtivos e a maior frequência de ocorrência de veranicos e secas em regiões tradicionalmente produtoras em regime de sequeiro têm estimulado o uso da irrigação nesta cultura. A irrigação do milho apresenta vantagens, entre as quais: (a) possibilidade de aumento da produtividade através do melhor aproveitamento dos fatores de produção, embora a utilização da irrigação isoladamente não garanta aumentos significativos de produção; (b) diminuição dos riscos da atividade agrícola relacionados ao estresse hídrico, ou seja, melhor estabilidade na produção ao longo dos anos; (c) aumento do número de safras e a possibilidade de colheita na entressafra; (d) melhoria da qualidade dos produtos como grãos e silagem; (e) otimização do uso da terra, mão de obra e infraestrutura da propriedade agrícola, com melhoria da rentabilidade;

[1] Engenheiro Agrícola, M.S., Ph.D. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: camilo.andrade@embrapa.br

[2] Engenheiro Agrícola, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: paulo.albuquerque@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

(f) menor pressão para a abertura de novas áreas agrícolas; e (g) maior geração de empregos e de renda, com reflexo nos indicadores socioeconômicos das regiões.

Planejamento do uso da irrigação

Antes de adquirir qualquer equipamento ou construir qualquer estrutura para irrigação, deve-se primeiro determinar se há necessidade de irrigar a cultura naquele local e se é possível irrigar. Ao decidir pela irrigação ou não, devem-se levar em consideração diversos fatores, entre os quais a quantidade e distribuição da chuva, o efeito da irrigação na produção, a necessidade de água da cultura, a qualidade e disponibilidade de água da fonte e a disponibilidade de energia. A necessidade de se utilizar irrigação diminui na medida em que se move de regiões áridas e semiáridas para regiões mais úmidas. Entretanto, com os eventos de seca e de ocorrência de veranicos – período seco dentro da estação chuvosa –, o que vem se tornando mais frequente, a procura pela irrigação tem sido maior. Um primeiro passo no planejamento da irrigação consiste em comparar a disponibilidade hídrica com o requerimento de água da cultura, no local de cultivo.

Demanda de água pela cultura

A quantidade de água que o milho utiliza durante o ciclo, chamada demanda sazonal, varia com as condições climáticas da região onde é cultivado e com a época de semeadura. Há um período durante o ciclo da cultura em que mais água é consumida diariamente, a chamada demanda de pico, que, no caso do milho, coincide com o do florescimento e enchimento de grãos.

O requerimento de água das culturas é, majoritariamente, a quantidade que as plantas transpiram, embora também ocorra simultaneamente a evaporação da água pela superfície do solo. Essas duas, combinadas, são chamadas evapotranspiração, ET, a qual pode ser estimada a partir do consumo de água de uma cultura de referência, ETo, atualmente considerada cultura hipotética, de acordo com o método de Penman-Monteith, parametrizado pela FAO

Digitalizado com CamScanner

(ALLEN et al., 1998), que, por sua vez, é determinada com os dados de clima do local. Os valores de ETo devem ser multiplicados pelos do coeficiente de cultura, Kc, para obter a curva de evapotranspiração da cultura, ETc.

A título de exemplo, plotaram-se curvas de precipitação mensal junto com as de evapotranspiração de referência mensal para Sete Lagoas, MG (Figura 8.1), para que se tenha uma visão melhor da necessidade ou não de irrigar milho nesta região.

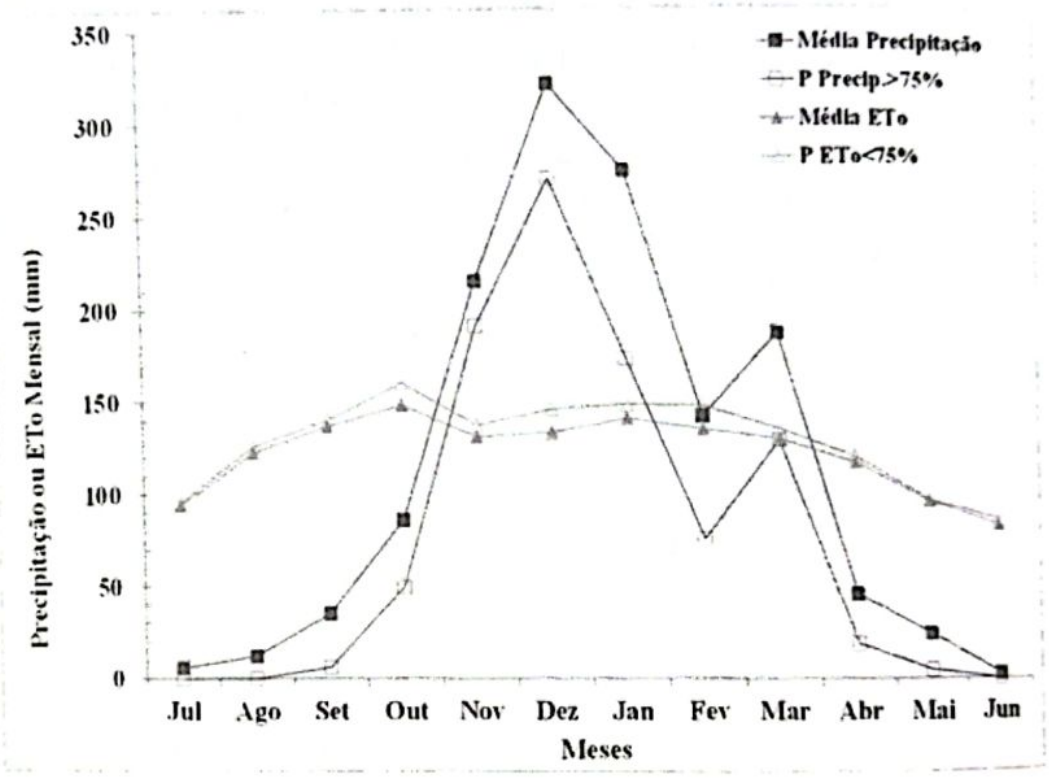


Figura 8.1 - Curvas de precipitação e de evapotranspiração mensais médias e prováveis (probabilidade de ocorrência, P), para o período de 1998 a 2012, Sete Lagoas, MG.

O primeiro ponto que chama a atenção no exemplo é que, devido à grande variabilidade interanual da precipitação, dados médios devem ser evitados em favor de dados probabilísticos. Isso não é tão necessário com a evapotranspiração, que é mais uniforme. Considerando uma probabilidade de 75%, nota-se que, exceto para o período de novembro, dezembro, janeiro e março, nos demais meses há necessidade de irrigação, mesmo que complementar às chuvas. Um agravante para a situação é a possibilidade de ocorrência de veranicos,

Digitalizado com CamScanner

muito comuns na região (ASSAD; CASTRO, 1991), durante os quais será preciso irrigar.

Nas principais regiões produtoras de milho no Brasil, a disponibilidade hídrica ao longo do ciclo é o principal fator que afeta a produtividade desta cultura. Mesmo com um volume total de chuvas adequado, a má distribuição desta e a ocorrência de veranicos causam estresse hídrico e, consequentemente, quebra na produtividade. Devido às estiagens, duas safras são perdidas a cada cinco plantadas em regime de sequeiro no Rio Grande do Sul (BERGAMASCHI et al., 2006). Estudos realizados com simulações indicaram que, para a região de Sete Lagoas, MG, em um a cada quatro anos é possível ter quebras de produtividade na cultura do milho de sequeiro em decorrência de instabilidades climáticas, sobretudo o estresse hídrico (ANDRADE et al., 2012).

Fonte de água

Determinada a necessidade de se irrigar a cultura, é preciso analisar as fontes de água, para verificar se são capazes de suprir as necessidades hídricas da cultura, com água de boa qualidade. As principais fontes de água para irrigação são rios, lagos ou reservatórios, canais ou aquedutos comunitários e poços profundos. Vários fatores devem ser considerados na análise da adaptabilidade da fonte para irrigação, entre os quais a distância da fonte ao campo, a altura em que a água deve ser bombeada, o volume de água disponível, no caso de lago ou reservatório, a vazão da fonte no período de demanda de pico da cultura e a qualidade da água. O volume de água disponível no caso de lago ou reservatório deve atender à necessidade sazonal de água da cultura, e a vazão da fonte deve suprir a demanda durante todo o ciclo, principalmente no período de pico de consumo. A qualidade da água, em termos de sais, poluentes e materiais sólidos, deve ser analisada. A cultura do milho é sensível à água salina, sobretudo no período vegetativo. Poluentes podem contaminar os alimentos e os materiais sólidos, causar problemas em bombas, filtros e emissores. Atenção especial deve ser dada às leis ambientais e de uso da água, em vigor no país. Os

Digitalizado com CamScanner

usuários são obrigados a requerer outorga para uso da água nas agências de controle estaduais ou federais. Além do mais, uma vez que o recurso de água está cada dia mais escasso, há tendência de aumentar os conflitos entre os usuários. O direito de uso da água de um indivíduo localizado a jusante do ponto onde se tenciona captar a água para a irrigação deve ser preservado, em termos de volume, vazão da fonte e qualidade da água. É bom lembrar que o licenciamento ambiental da exploração agropecuária, que envolve aspectos de reserva legal, área de proteção permanente, disposição correta de efluentes, além da outorga de uso da água, é uma exigência das agências ambientais estaduais e federais.

A agricultura é considerada atualmente a maior consumidora de água e energia do país. Em algumas regiões há falta de infraestrutura e dificuldades no fornecimento de energia elétrica, que é a principal fonte empregada nos sistemas de irrigação pressurizados. Juntamente com a dificuldade de obtenção de licenças ambientais, entre as quais a outorga de uso de água, a falta de infraestrutura de energia constituem um dos entraves ao crescimento da área irrigada no país.

Métodos de irrigação

Se a decisão, com base nas informações descritas anteriormente, é favorável à irrigação, então o próximo passo é a seleção do método de irrigação. Há uma diversidade de métodos que, potencialmente, podem ser utilizados na cultura do milho (ANDRADE; BRITO, 2006). Ao selecionar o método, devem-se seguir critérios técnicos e econômicos, levando-se em consideração as condições de clima, solo, topografia, fonte e disponibilidade de água e de energia na propriedade, além do interesse pessoal do agricultor.

O mercado de equipamentos para a irrigação tem apresentado crescimento na demanda na ordem de 15% ao ano, especialmente para a segunda safra de milho no Paraná e estados do Sudeste e Centro-Oeste, com destaque para o Mato Grosso na compra de pivôs centrais. O Estado de Goiás deu um salto na utilização de irrigação na década passada, sendo o pivô central o principal método de irrigação.

Digitalizado com CamScanner

Segundo o Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), a agricultura irrigada está implantada em apenas 6,3% dos estabelecimentos agrícolas brasileiros. O sistema pivô central é o mais empregado na cultura do milho entre os produtores médios e grandes, sendo o sistema de aspersão convencional o mais comum entre pequenos produtores, sobretudo para a produção de milho verde e silagem. Recentemente, o Estado de Sergipe vem estimulando, através de doação de equipamentos, o uso da irrigação por gotejamento na produção de milho verde entre pequenos produtores.

Resposta à irrigação

A resposta da cultura do milho ao uso da irrigação varia muito de local para local, uma vez que vai depender da época de ocorrência do estresse hídrico e de outras condições climáticas durante a estação de cultivo.

O milho é uma planta relativamente tolerante ao défice hídrico durante a fase vegetativa, porém demonstra extrema sensibilidade, com decréscimo no rendimento de grãos de até 70%, se ocorrer falta de água no período crítico que vai de dois dias antes até sete dias após o pendoamento (BERGAMASCHI et al., 2004; BERGAMASCHI et al., 2006). A irrigação nesta fase permite a obtenção de elevadas produtividades de grãos, mesmo que a umidade do solo seja mantida abaixo do limite superior de água disponível ou capacidade de campo (VIEIRA et al., 2009).

Na literatura, são reportados aumentos na produtividade do milho irrigado, em relação ao regime de sequeiro, que variam de 20% a 300%. Essa discrepância se deve a diferenças em outros fatores de produção, que não a água, e às condições climáticas. Em experimentos no Rio Grande do Sul, nos quais os fatores de produção, exceto a água, foram mantidos iguais nos sistemas de cultivo de milho de sequeiro e irrigado, o uso da irrigação proporcionou aumentos de produtividade entre 60% e 70% (BERGONCI et al., 2001; BERGAMASCHI et al., 2006). Em outras regiões, a resposta do milho ao uso da irrigação não passa de 20%, pois as condições climáticas, como temperatura do ar e radiação solar, e a adoção de padrões

Digitalizado com CamScanner

tecnológicos de produção mais baixos, limitam a produtividade. Portanto, a adoção ou não da irrigação deve ser pautada em resultados de experimentação e em estudos de viabilidade econômica, dando preferência a locais em que o fator mais limitante à produção de milho seja o estresse hídrico.

Sistema de produção para milho irrigado

Antes da década de 1990 era praticamente inviável economicamente a irrigação de milho para a produção de grãos, devido, sobretudo, aos baixos rendimentos. O divisor de águas para tornar a irrigação do milho atrativa foi o desenvolvimento de novos cultivares de alto rendimento, especialmente híbridos simples transgênicos, selecionados sob condições de espaçamento reduzido e de altas populações (DUVICK, 1997) e mais adaptados à alta temperatura e baixa altitude. De lá para cá, a produtividade de milho vem aumentando sistematicamente, em decorrência do lançamento de genótipos ainda mais produtivos e de constantes ajustes nas práticas culturais, como seleção do cultivar mais apropriado para cada região, espaçamento e população de plantas, fertilização, épocas de semeadura, manejo integrado de pragas e doenças, uso de técnicas de agricultura de precisão e de irrigação.

Em muitas regiões do país, com o uso da irrigação, o milho pode ser plantado o ano inteiro, sendo a única restrição a ocorrência de geada no início ou no final do ciclo, especialmente na Região Sul. Em Sete Lagoas, MG, resultados de simulações indicaram que a melhor época de semeadura do milho irrigado é meado de fevereiro (AMARAL et al., 2011), diferentemente do sistema de sequeiro, que é a segunda quinzena de outubro (Figura 8.2), confirmando resultados de ensaios de campo realizados na década de 1990 (PEREIRA FILHO; CRUZ, 1993).

Em outro estudo verificou-se que, em sistemas de produção de milho irrigado, a produtividade da água, quanto à massa de grãos por volume de água evapotranspirada pela cultura, foi maior, ou seja, quando a irrigação é corretamente manejada, a água é utilizada de forma mais eficiente (ANDRADE et al., 2011).

Digitalizado com CamScanner

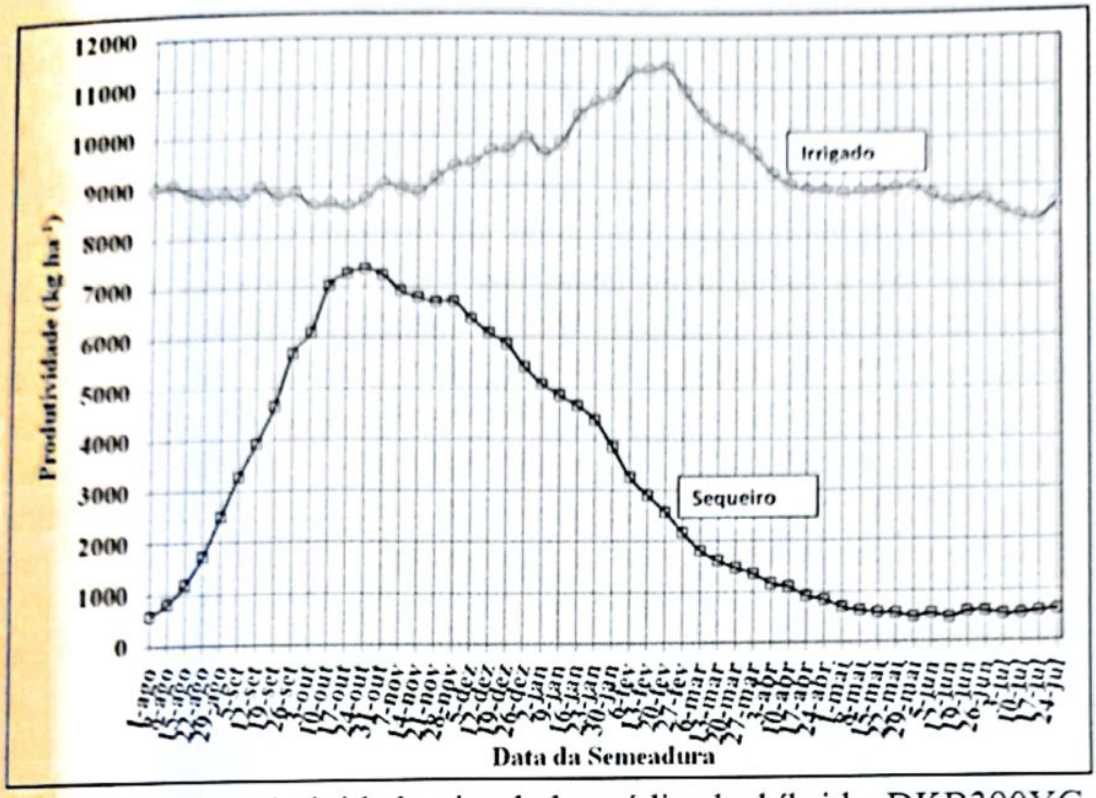


Figura 8.2 - Produtividade simulada média do híbrido DKB390YG, para diferentes épocas de semeadura, nos sistemas irrigado e de sequeiro, em Sete Lagoas, MG.

Embora nos últimos anos produtividades elevadas de milho tenham sido obtidas nas mais diversas regiões do país, é na Região Sul que o uso da irrigação tem proporcionado resultados mais animadores. Na safra 2011/2012, em uma área de 17 hectares, um produtor do Rio Grande do Sul obteve 19,26 t ha^{-1} de grãos de milho, um recorde de produtividade até então (CLUBE, 2013). O grande diferencial neste caso foi a adoção de um sistema de produção para alta produtividade de grãos, que incluiu seleção de um cultivar mais responsivo ao uso de fertilizantes e à irrigação, população final de plantas acima de 90 mil por hectare, sistema de irrigação avaliado e ajustado para boa uniformidade de aplicação de água, manejo da irrigação realizado de forma correta, rotação de cultura, além do uso de todas as demais práticas culturais capazes de permitir que o cultivar expressasse seu potencial genético. Vale ressaltar, todavia, que nem sempre a máxima produtividade técnica corresponde à máxima eficiência econômica.

Digitalizado com CamScanner

Quimigação

Na década de 1980, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu uma série de pesquisas com quimigação, que é a aplicação de fertilizantes e defensivos via água de irrigação, cujas vantagens principais são a redução do custo das adubações, menor tráfego de máquinas nas áreas, com consequente menor compactação do solo, facilidade no parcelamento dos fertilizantes, sobretudo os nitrogenados e potássicos, além da possibilidade de aplicação de fertilizantes e defensivos com as plantas de milho mais altas (FRANÇA; RESENDE, 2003). Mesmo nos dias de hoje, muitos agricultores ainda usam essa prática, sobretudo a fertirrigação ou aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Detalhes dos cálculos para aplicação de agroquímicos via água de irrigação são descritos em Andrade e Brito (2006). É preciso, todavia, que se tomem todas as precauções para evitar a contaminação de pessoas e animais, solo, produtos e a fonte de água. Equipamentos para evitar o refluxo da água devem ser instalados nos sistemas de irrigação. A forma mais apropriada de se utilizar quimigação tem sido em sistemas de gotejamento, nos quais os riscos de contaminação são potencialmente menores, pois a aplicação de água é mais precisa, além de os agroquímicos dissolvidos na água serem aplicados diretamente na superfície do solo ou em subsuperfície, não estando sujeitos à ação de ventos.

Custo da irrigação

O agricultor que desejar inserir irrigação no sistema de produção de milho precisa, além de um estudo de viabilidade, estar preparado para o alto custo inicial do equipamento, da energia elétrica e da mão de obra especializada para operação e manutenção do sistema.

O custo de implantação de um sistema de irrigação depende de vários fatores, como tamanho da área irrigada, distância da fonte hídrica, desníveis geométricos entre a captação e a área irrigada, fonte

Digitalizado com CamScanner

de energia (elétrica ou diesel) entre outros. Quanto menor a área, mais alto é o custo do hectare irrigado (Tabela 8.1).

Tabela 8.1 - Custos aproximados de sistemas de irrigação[1]

Área (ha)	Pivô (R$ por ha)	Localizada (R$ por ha)	Autopropelido (R$ total)
1 a 5	12 mil	10 mil	30 mil
6 a 10	9,3 mil	7,5 mil	50 mil
11 a 20	6,5 mil	6,0 mil	65 mil
21 a 50	4,0 mil	5,0 mil	105 mil
51 a 100	3,5 mil	4,5 mil	210 mil

[1]Valores aproximados, uma vez que um projeto de irrigação depende de diversos fatores que podem reduzir ou elevar o custo de um sistema, como topografia, distância da fonte de água, disponibilidade de energia, entre outros.

Fonte: CSEI/ABIMAQ, 2007.

Informações mais recentes[3] indicam que, para um pivô central com capacidade de irrigar 70 hectares em condições típicas, por exemplo, o custo do sistema completo, incluindo rede elétrica, estação de bombeamento, adutoras e a lateral de irrigação, gira em torno de R$ 5mil por hectare.

O uso da irrigação na safrinha de milho no Mato Grosso do Sul aumentou a produtividade em 130%, alcançando 7 t ha^{-1}, e a renda líquida, por hectare, foi de R$836,00, contra R$105,00 do sistema de sequeiro (PEGORARE et al., 2009). Entretanto, nas Regiões Sul e Sudoeste do Rio Grande do Sul, o uso da irrigação no cultivo de milho, utilizando-se alta tecnologia, tem proporcionado produtividades bem mais elevadas, estabilidade na produção e se mostrado economicamente vantajoso (RODRIGUES; SILVA et al., 2011).

O custo da irrigação está quase sempre associado ao da energia para bombear e distribuir a água na lavoura. Este componente pode variar de 15% a 35% do custo total de produção do milho

[3] <http://www.fockink.ind.br/>.

Digitalizado com CamScanner

irrigado, dependendo do nível tecnológico empregado, do preço da energia no local e das condições topográficas e hidráulicas do sistema de irrigação. O uso da irrigação suplementar às chuvas reduz o peso da irrigação no custo total de produção de milho. Entretanto, nem sempre a lucratividade é maior, pois em algumas regiões a produtividade de milho na safra de verão, com o uso da irrigação suplementar, pode ser menor que a obtida com a semeadura tardia, também sob irrigação (ANDRADE et al., 2011). Em 2003, o custo da irrigação de um sistema de pivô central de 100 hectares era de R$1,00 por hectare por milímetro de água aplicada (CARLESSO et al., 2003). Estimativas realizadas em 2013 em uma propriedade em Matozinhos, MG, que usa a irrigação para produzir milho com alta tecnologia, indicaram custo de R$1,20 por hectare por milímetro de irrigação aplicada no milho.

Conceitos para o manejo de irrigação

Apesar do expressivo aumento da área irrigada e da utilização de sistemas de elevado custo por unidade de área, esse processo geralmente é feito de maneira empírica, com manejo inadequado da água, que reduz a rentabilidade da atividade agrícola irrigada, com possíveis danos ao meio ambiente. Por isso, o manejo da irrigação é fundamental para melhorar qualitativa e quantitativamente os resultados da atividade agrícola (PIONEER, 2007). Qualquer planejamento do manejo da irrigação é melhor que nenhum, pois, quando bem feito, o seu custo compensa em produtividade, lucratividade, eficiência no uso da água e menor impacto ao ambiente. A seguir são abordados alguns conceitos estratégias de manejo da irrigação em milho.

Evapotranspiração da cultura, ETc

A água necessária à cultura é equivalente à sua evapotranspiração, ETc, que é a combinação de dois processos, a evaporação da água do solo mais a transpiração das plantas. Assim, a necessidade hídrica de uma cultura baseia-se em sua

Digitalizado com CamScanner

evapotranspiração potencial ou máxima, ETm, e é expressa, normalmente, em milímetros por dia (mm dia^{-1}). Em situação prática, a ETc é relacionada à evapotranspiração de uma cultura de referência, ETo, que é uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23, em pleno crescimento e sem deficiência de água, de modo a simplificar o processo de estimação da ETc. A ETc pode ser obtida pela equação:

$$ETc = Kc \times ETo$$

Equação 8.1

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura do milho (mm dia^{-1});

Kc = coeficiente da cultura do milho (adimensional); e

ETo = evapotranspiração da cultura de referência (mm dia^{-1}).

Com base nos dados meteorológicos disponíveis, seleciona-se um método para o cálculo da ETo. Na literatura especializada encontra-se a descrição de alguns métodos para estimar a ETo. Mais recentemente, tem sido recomendada pela FAO a equação de Penman-Monteith. Também muito utilizado é o tanque de evaporação Classe A (ALLEN et al., 1998).

Coeficiente de cultura, Kc

Os valores do coeficiente de cultura, Kc, do milho são influenciados pelas características da variedade ou pelo cultivar empregado, época de semeadura, estádio de desenvolvimento da cultura, práticas culturais e condições gerais de clima. O milho, por ser uma cultura de ciclo curto ou anual, pode ter o seu estádio de desenvolvimento dividido em quatro fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de Kc ao longo do tempo (Figura 8.3). Os valores de Kc na fase 1 (Kc1) são constantes e influenciados significativamente pela frequência de irrigação nessa fase e pela cobertura do solo.

Digitalizado com CamScanner

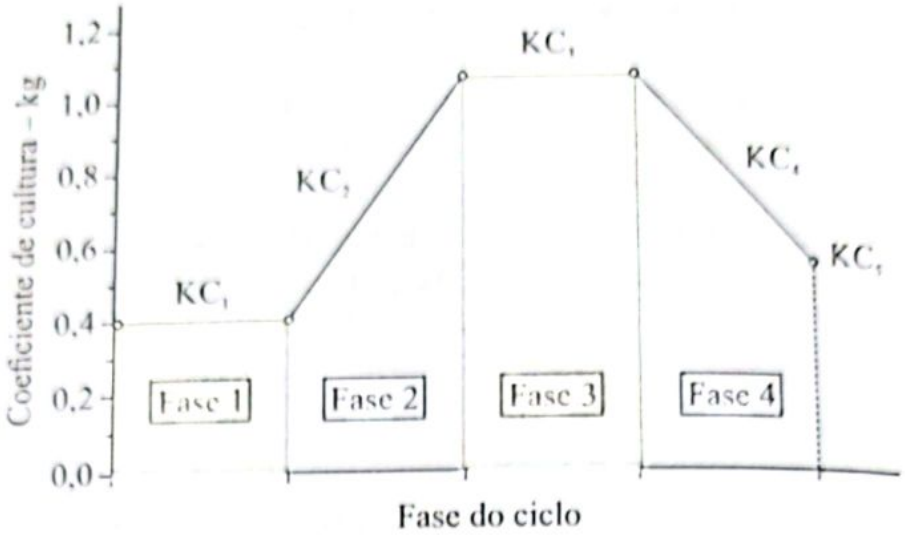


Figura 8.3 - Coeficientes de cultura, Kc, em função das fases do ciclo de crescimento do milho.

Fonte: Adaptado de DOORENBOS; PRUITT, 1977.

Também o valor de Kc3 é constante, sendo mais influenciado pela demanda evaporativa predominante relacionada à ETo. Os valores admitidos para as fases 2 e 4 variam linearmente entre os das fases 1 e 3 e fases 3 e 5 (Kc5), respectivamente, conforme apresentado na Figura 8.3. Considerando uma cultura de milho com altura padrão de 2 m na fase 3, obtém-se a Tabela 8.2 com os valores dos coeficientes de cultura para as fases do seu ciclo, segundo a demanda evaporativa dominante.

Se for realizado plantio direto sobre a palhada, recomenda-se que os valores de Kc1 (Tabela 8.2) sejam reduzidos em cerca de 50%. Todavia, alguns pesquisadores defendem que não só o Kc1, mas também o Kc3 é influenciado pela palhada sobre o solo. Em uma lavoura de feijão, menor número de irrigações foi aplicado quando 50% do solo estava coberto com palhada (MOREIRA et al., 1999). Em outro estudo, Moreira et al. (2004) obtiveram valores de Kc3 para o milho de 1,25 em solo sem cobertura e de 1,00 para solo totalmente coberto. Já os valores de Kc foram maiores nos cultivos de milho consorciado com mucuna-cinza (SOUZA et al., 2012), com braquiária e com feijão (SANS et al., 2007), em comparação com os cultivos solteiros, o que permitiu concluir que o consórcio demanda maior quantidade de água no solo (PETRY et al., 2007).

Digitalizado com CamScanner

Tabela 8.2 - Valores do coeficiente de cultura (Kc) para as fases[1] do ciclo de desenvolvimento do milho, considerando uma altura padrão de 2 m na fase 3, de acordo com a demanda evaporativa dominante, conforme Allen et al. (1988)

Demanda evaporativa dominante[2]	TI[3] na fase 1 (dias)	Kc1	Kc2	Kc3	Kc4	Kc5
BAIXA ETo< 2,5 mm dia^{-1}	1	1,10	1,10 a 1,14	1,14	1,14 a 0,35	0,35
	2	1,03	1,03 a 1,14			
	3	0,95	0,95 a 1,14			
	4	0,88	0,88 a 1,14			
	5	0,80	0,80 a 1,14			
	6	0,73	0,73 a 1,14			
MODERADA 2,5 <ETo< 5,0 mm dia^{-1}	1	1,00	1,00 a 1,23	1,23	1,23 a 0,35	0,35
	2	0,91	0,91 a 1,23			
	3	0,83	0,83 a 1,23			
	4	0,75	0,75 a 1,23			
	5	0,66	0,66 a 1,23			
	6	0,58	0,58 a 1,23			
ALTA 5,0 <ETo< 7,5 mm dia^{-1}	1	0,87	0,87 a 1,29	1,29	1,29 a 0,35	0,35
	2	0,78	0,78 a 1,29			
	3	0,70	0,70 a 1,29			
	4	0,62	0,62 a 1,29			
	5	0,53	0,53 a 1,29			
	6	0,45	0,45 a 1,29			
MUITO ALTA ETo> 7,5 mm dia^{-1}	1	0,82	0,82 a 1,36	1,36	1,36 a 0,35	0,35
	2	0,73	0,73 a1,36			
	3	0,65	0,65 a 1,36			
	4	0,57	0,57 a 1,36			
	5	0,48	0,48 a 1,36			
	6	0,40	0,40 a 1,36			

Fonte: Adaptado de ALBUQUERQUE; ANDRADE, 2001.

[1] Fases do ciclo de desenvolvimento de acordo com a Figura 8.3.

[2] Segundo as faixas da evapotranspiração de referência (ETo).

[3] Turno de irrigação.

Digitalizado com CamScanner

Há, todavia, que se ter precaução quanto a alguns resultados encontrados na literatura, os quais empregaram metodologias totalmente distintas para a obtenção de coeficientes de cultivo para milho. Por exemplo, Caseiro et al. (1997) obtiveram coeficientes de cultivo médios, Kc3, de 1,50 e 1,28, para o milho cultivado em lisímetros de drenagem e de lençol freático constante, no período outono-inverno (estação seca).

Água disponível no solo

Além de outras importantes funções que o solo desempenha no sistema agrícola, ele é o "reservatório" de água para as plantas. A água total disponível no solo, CAD, que pode ser absorvida pela planta, é definida como a água contida no solo que está entre o limite superior da água disponível ou umidade na capacidade de campo, CC, e o limite inferior da água disponível ou umidade no ponto de murcha permanente, PMP. Verificou-se que, na maioria dos solos e das situações, o solo encontra-se na CC quando o potencial matricial da água (Ψm) contida nele oscila na faixa entre -10 (solos arenosos e latossolos em geral) e -30 kPa (solos argilosos). Também foi verificado que o valor desse potencial para o PMP é de -1500 kPa. Em laboratório, tanto CC quanto PMP podem ser determinados com o mesmo equipamento utilizado para avaliar a curva de retenção.

Estratégias de manejo da irrigação

O manejo da irrigação da cultura do milho consiste em estabelecer o momento correto de aplicar água e a sua respectiva lâmina, ou seja, quando e quanto aplicar. Vários critérios podem ser adotados para o manejo da irrigação. Aqui serão discutidos os mais comuns e que são de uso mais prático nas condições atuais.

Digitalizado com CamScanner

Uso das características físico-hídricas do solo e da estimativa da evapotranspiração da cultura, ETc

O turno de rega ou de irrigação, TI, é normalmente variável de acordo com a variabilidade temporal da evapotranspiração da cultura, ETc. Entretanto, um critério de manejo de irrigação com o TI variável, apesar de ser o ideal, muitas vezes torna-se de difícil operacionalidade, na prática. Na adoção de um TI fixo, parte-se do pressuposto de que a ETc diária possui valor constante, que pode ser obtido pela média diária prevista para todo o período de desenvolvimento da cultura ou pelo valor crítico estabelecido no dimensionamento do sistema de irrigação. Entretanto, estes são valores que não retratam o dia a dia da ETc da cultura no campo. O que se recomenda é que se adote um TI fixo para cada uma das quatro fases relatadas no item referente à seleção do coeficiente de cultura (Figura 8.3), de modo que será necessário que se considere a ETc média diária reinante em cada uma dessas fases. Esse critério normalmente é empregado quando se trabalha com dados históricos (de no mínimo 15 anos) da evapotranspiração de referência (ETo) para o local do cultivo. Dessa forma, o turno de irrigação (TI) e a lâmina líquida (LL) a serem determinados, para cada uma das quatro fases do ciclo do milho, são representados pelas equações:

$$TI_i = \frac{Arm_i}{ETc_i} \qquad \text{Equação 8.2}$$

$$LL_i = TI_i \times ETc_i \qquad \text{Equação 8.3}$$

em que:

i = índice correspondente à fase do ciclo da cultura do milho (i = 1, 2, 3 ou 4);

TI_i = turno de irrigação na fase i, em dias;

Arm_i = lâmina de água armazenada no solo na fase i que será usada como suprimento para a cultura (mm);

ETc_i = evapotranspiração da cultura média diária na fase i, em mm dia^{-1}; e

Digitalizado com CamScanner

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i, em mm.

A lâmina de água armazenada no solo (Arm) e que se pode tornar disponível à planta é representada pela equação:

$$Arm = \frac{(CC - PMP)}{10} \times f \times d \times Z \qquad \text{Equação 8.4}$$

O coeficiente f, fator de depleção que determina o conteúdo da água no solo, estabelece o nível acima do qual não haverá perda de rendimento da cultura em decorrência do estresse hídrico, provocado por demanda evaporativa elevada. Assim, maior demanda evaporativa normalmente exigirá menores valores de f e vice-versa. Para as condições de demanda evaporativa constantes na Tabela 8.2, os valores de f podem ser de 0,75; 0,60; 0,50; e 0,40 para baixa, moderada, alta e muito alta demanda, respectivamente. A profundidade efetiva do sistema radicular (Z_{max}) para o milho normalmente varia de 40 a 50 cm, mas, dependendo das circunstâncias, impedimentos no solo de ordem física e, ou, química, ela pode alterar esses valores, de modo que é preferível que se realize uma avaliação em campo para que se encontre o valor mais compatível com a realidade local.

Na fase inicial, o sistema radicular vai-se desenvolvendo a partir da profundidade de semeadura até atingir o seu pleno desenvolvimento, que deve ocorrer no término da fase dois. Pode ser considerado que o seu desenvolvimento é linear a partir da profundidade de semeadura até atingir a fase três. Geralmente, no cálculo do TI pela Equação 8.2 é muito comum a não obtenção de número inteiro, ou seja, o TI com fração de dias. O que se faz comumente é o arredondamento para o próximo valor inteiro inferior, de modo que o coeficiente de depleção (f) fique ajustado para um valor menor ao originalmente adotado. Isso se faz por medida de segurança para não submeter a cultura a algum tipo de estresse hídrico.

Quando o seu valor na casa decimal for superior a oito décimos (> 0,8), não constitui problema o seu arredondamento para o próximo número inteiro superior, desde que se analise o que ocorre com o valor de f. Desse modo, haverá necessidade de corrigir a LL

Digitalizado com CamScanner

obtida pela Equação 8.3 em função do TI corrigido, com a consequente mudança do valor de f.

Sensores para monitoramento do potencial ou da umidade do solo

Os equipamentos com sensores que monitoram o potencial matricial (tensiômetros e blocos de resistência elétrica) e o conteúdo de água no solo (TDR, FDR) podem ser empregados também para se fazer o manejo de irrigação. O tensiômetro funciona adequadamente na faixa de potencial de 0 a -80 kPa, o que não representa grande problema, porque a maior parte da água facilmente disponível dos solos usados em agricultura está retida dentro dessa faixa de potencial. Quando é preciso extrapolar essa faixa (potenciais < -80 kPa), podem-se empregar os blocos de resistência elétrica, mas há necessidade de calibrá-los para cada tipo de solo. Em ambos os casos, recomenda-se obter a curva de retenção do solo ou, pelo menos, das umidades na capacidade de campo, CC, no ponto de murcha permanente (PMP) e do potencial de referência para se fazer a irrigação (Ψir).

No caso do milho, o potencial de referência para se efetuar a irrigação (Ψir) varia de acordo com o clima local e a época de plantio. Porém, de modo geral, para garantir que as plantas não se submetam a estresses hídricos severos, pode-se considerar o Ψir em torno de -70 kPa, sendo cada caso estudado em suas condições peculiares.

Estudos de Resende et al. (2000) indicam o potencial de -70 kPa em condições de verão no Cerrado e em qualquer época no semiárido e de -300 kPa no inverno no Cerrado. As medições do potencial ou da umidade devem ser feitas em pelo menos três a quatro pontos representativos da área cultivada e, no mínimo, a duas profundidades (Figura 8.4): uma na zona de máxima atividade radicular (ponto A – aproximadamente na região mediana da profundidade efetiva do sistema radicular, para a cultura em seu máximo desenvolvimento) e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular (ponto B). No caso do milho, quando somente se dispõe de equipamento para monitorar o potencial ou a umidade do

Digitalizado com CamScanner

solo, devem ser realizadas irrigações frequentes (turno de irrigação de um ou dois dias) até o 15º dia após a semeadura (DAS); de 15 a 30 DAS são instalados os sensores a 10 cm (ponto A) e 20 cm de profundidade (ponto B); e após os 30 DAS, os sensores são aprofundados para 20 cm (ponto A) e 40 cm (ponto B) (Figura 8.4).

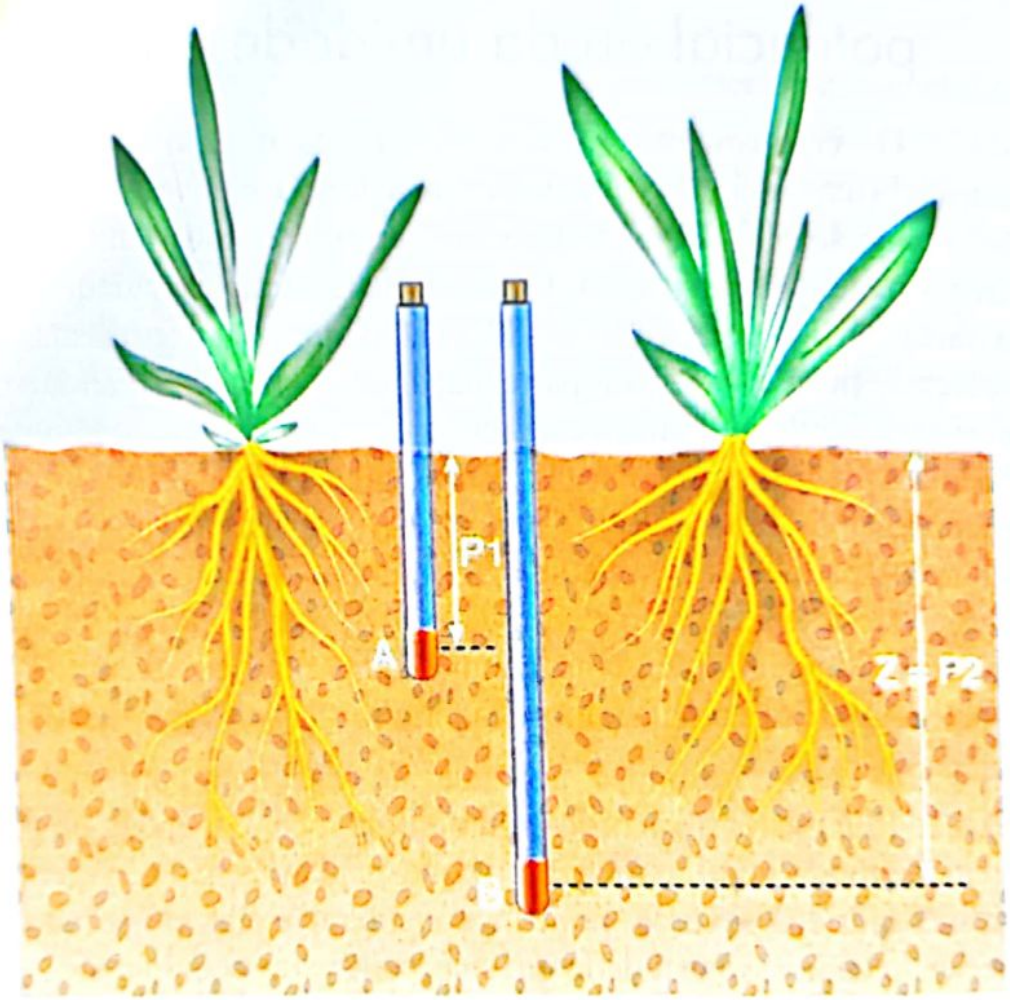


Figura 8.4 - Profundidade de instalação de sensores no solo.

As medições no ponto A são utilizadas para definir o momento da irrigação e as no ponto B, para verificar se a irrigação foi realizada em excesso, podendo ocasionar lixiviação de solutos.

Controlando-se a irrigação através desses sensores instalados no solo, o momento de irrigar independerá do estabelecimento prévio de turnos de irrigação. Contudo, deve-se acompanhar o desenvolvimento do sistema radicular, para determinar a zona ativa das raízes (Z_i) e considerar a leitura do potencial ou da umidade feita

Digitalizado com CamScanner

no ponto médio dessa profundidade como a indicadora de quando irrigar.

Usando-se este método como manejo de irrigação, a lâmina líquida de irrigação por fase da cultura (LL_i) é dada por:

$$LL_i = \frac{(CC - U_{ir})}{10} \times d \times Z_i \text{,} \qquad \text{Equação 8.5}$$

em que:

LLi = lâmina líquida de irrigação na fase i, em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, em % peso;

Uir = umidade do solo no ponto A correspondente ao potencial referente ao momento da irrigação (Ψir = -70 kPa), em % peso;

d = densidade do solo, em g cm^{-3};

Zi = profundidade efetiva do sistema radicular na fase i, em cm; e

10 = constante necessária para conversão de unidades.

Observa-se que o coeficiente de depleção (f) não está explícito na Equação 8.5, porque já existe ao se estabelecer um limite mínimo de umidade no solo para reinício da irrigação (U_{ir}). No entanto, quando se utilizam instrumentos que medem apenas o potencial matricial (como o tensiômetro), é necessário converter o valor de Ψir em U_{ir} através da curva de retenção do solo.

Sensores de solo conjuntamente com algum método para medir ou estimar a evapotranspiração de referência, ETo

Este critério tem a vantagem permitir programar a irrigação sem conhecimento prévio das características físico-hídricas do solo, ou seja, na sua curva de retenção e do clima. O sensor de potencial ou de umidade do solo indicará o momento de irrigar, conhecendo-se antecipadamente o limite mínimo do potencial (Ψir) ou do conteúdo de água (U_{ir}) no solo a partir do qual se realizará a irrigação. Por

Digitalizado com CamScanner

exemplo, como já visto para o milho, o valor de Ψir pode ser de -70 kPa lido em um tensiômetro. A lâmina líquida de irrigação é determinada pelo somatório da evapotranspiração da cultura acumulada desde a última irrigação, conforme a equação:

$$LL_i = \sum_{j=1}^{n}(Kc_i \times ETo_j) \qquad \text{Equação 8.6}$$

em que:

LL_i= lâmina líquida de irrigação na fase i (mm);

i = índice correspondente à fase do ciclo do milho (i = 1, 2, 3 ou 4);

j = índice correspondente ao dia da coleta do dado de ETo;

n = número máximo de dias de coleta dos dados de ETo até que o potencial (Ψir) ou umidade de irrigação (U_{ir}) seja atingido;

Kc_i = coeficiente de cultura na fase i; e

ETo_j = evapotranspiração de referência no dia j.

Este critério de manejo se adapta bem quando se utiliza o tensiômetro para estabelecer o momento da irrigação e o tanque Classe A para estimar a ETo diária, havendo, nesse caso, necessidade de multiplicar a evaporação da água do tanque (ECA) por um coeficiente de tanque (Kp).

Irrigação no dia do plantio e nos dias subsequentes

É recomendável que a irrigação do dia do plantio ou da semeadura se faça de modo a umedecer uma profundidade de solo preestabelecida até a capacidade de campo. Essa camada de solo a considerar deverá ser de, no mínimo, a profundidade máxima efetiva do sistema radicular anteriormente discutida. A equação para calcular a lâmina líquida de plantio é semelhante à Equação 8.5 e é assim escrita:

$$LL_{plantio} = \frac{(CC - U_{in.})}{10} \times d \times Prof \qquad \text{Equação 8.7}$$

Digitalizado com CamScanner

em que:

$LL_{plantio}$ = lâmina líquida de irrigação a ser aplicada no dia do plantio, em mm;

CC = umidade do solo na capacidade de campo, em % peso;

U_{in} = umidade inicial do solo, ou seja, no dia do plantio, em % peso;

d = densidade do solo, em g cm^{-3};

Prof = profundidade do solo que se deseja umedecer até a capacidade de campo (CC), em cm. Recomenda-se que Prof = profundidade efetiva máxima do sistema radicular (Z_{max}); e

10 = constante necessária para conversão de unidades.

A umidade inicial (U_{in}) pode ser determinada pelo método gravimétrico através de amostra retirada do local até a profundidade (Prof). Dependendo da condição climática, por exemplo após um período de seca prolongado, o seu valor poderá até ser menor que o ponto de murcha permanente (PMP). Logo após o plantio, a semente necessitará de umidade no solo para iniciar o processo de germinação ou de desenvolvimento. A reserva de água no solo necessária à germinação se limita à profundidade de semeadura (Zo) e um pouco além dela. Portanto, é de fundamental importância manter o solo sempre úmido nesse período de pré-emergência. A maior perda de água pelo solo nesse período ocorre devido à evaporação pela sua superfície.

Lâmina bruta de irrigação

A lâmina bruta de irrigação (LB) é baseada na lâmina líquida de irrigação (LL), na eficiência do sistema e na necessidade de láminas extras de lixiviação, para o caso de controle de salinização em áreas afetadas por sais. Desse modo, a LB é dada por:

$$LB = \frac{LL}{Ef} + Lr \qquad \text{Equação 8.8}$$

em que:

LB = lâmina bruta de irrigação, em mm;

LL = lâmina líquida de irrigação, em mm;

Digitalizado com CamScanner

Lr = lâmina complementar necessária para lavagem do solo, em situação propícia à salinização do solo, em mm; e

Ef = eficiência de irrigação, em decimal.

A eficiência, Ef, representa a porcentagem da água total aplicada à cultura que foi beneficamente utilizada para o uso consuntivo da cultura. Ef é basicamente uma função da uniformidade de aplicação, mas depende também de perdas menores (escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem), perdas inevitáveis (percolação profunda, devido ao padrão de molhamento no solo, e chuva fora de época) e perdas evitáveis (resultantes de programação inadequada). Em regiões úmidas, com período de chuvas regulares, que promovem a lavagem do solo, é desnecessário o uso da Lr. Entretanto, em regiões de chuvas escassas, como em locais áridos e semiáridos, é preciso considerar esse termo no cálculo da LB. Os valores da eficiência são obtidos em virtude da uniformidade de aplicação que o sistema de irrigação empregado pode fornecer. Por isso, é importante realizar testes de uniformidade de aplicação de água, que consistem na medição de vazões dos emissores (aspersores, difusores, microaspersores ou gotejadores) das laterais de irrigação dos diversos sistemas de irrigação e, se necessário, corrigir os problemas do equipamento antes do plantio do milho. Em um levantamento realizado no Sul do Estado do Espírito Santo, em sistemas de irrigação por aspersão convencional utilizados na produção de silagem de milho, verificou-se que 60% dos projetos apresentavam uniformidade de aplicação de água abaixo do valor adequado; a eficiência de aplicação (Ea) variou de 52% a 81%, ficando abaixo de 85%, preconizado pela literatura como o mínimo aceitável (MARTINS et al., 2011).

Consumo total de água da cultura do milho

O consumo total de água da cultura do milho varia de acordo com as condições climáticas e o cultivar utilizado. Os valores

Digitalizado com CamScanner

aproximados do consumo de água pela cultura, por fase do ciclo fenológico (conforme a Figura 8.3), estão apresentados na Tabela 8.3, em função de demandas evaporativas baixa, moderada, alta e muito alta.

Esses dados se prestam ao planejamento e dimensionamento de sistemas de irrigação, mas devem ser utilizados com cautela. Embora os valores de lâmina de água por fase, recebidos através de chuva ou de irrigação, possam ser considerados adequados em uma região e época de semeadura, sabe-se que o estresse hídrico no período crítico, que é um período menor entre as fases dois e três, pode causar quebras consideráveis na produtividade do milho.

Tabela 8.3 - Valores aproximados[1] do consumo de água pela cultura do milho (em mm), por fase do ciclo fenológico e total, em função da demanda evaporativa

Demanda evaporativa[2]	Fase 1[3]	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Total
Baixa	70	130	175	75	450
Moderada	65	140	210	85	500
Alta	60	150	240	100	550
Muito alta	60	165	260	115	600

[1] Adaptado de ALLEN et al., 1998, para consumo por fase, segundo a demanda evaporativa.

[2] Demanda evaporativa conforme a Tabela 8.2.

[3] Fases do ciclo fenológico, como mostradas na Figura 8.3.

Dificuldades na implantação do manejo da irrigação

Como pôde ser observado anteriormente, entre as práticas culturais preconizadas nos sistemas de produção de milho irrigado, o manejo da irrigação é uma das mais complexas, o que pode relegá-lo a segundo plano por muitos agricultores. Diante de tais dificuldades, a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu, e estão disponíveis, uma

Digitalizado com CamScanner

planilha eletrônica (link de Publicações Online – Circular Técnica nº 97, ano de 2007, no endereço www.cnpms.embrapa.br) e o *software* Irrigafácil, operado via web (www.cnpms.embrapa.br/irrigafacil).

Mesmo com essas ferramentas, uma grande barreira é a dificuldade de acesso a dados climáticos diários e aos dados de solo, sobretudo de retenção de água, da propriedade rural. O produtor irrigante, principalmente o que irriga grandes áreas, necessita se conscientizar de que o custo de instalação de uma estação climatológica automática na propriedade pode ser menos de 5% do valor do equipamento de irrigação e que este instrumento tem potencial para propiciar economia de água e energia, entre outras vantagens.

Considerando todas essas dificuldades, alguns produtores preferem pagar pelo serviço de manejo da irrigação em suas propriedades. Algumas empresas já estão operando com sucesso há vários anos.

Aspectos ambientais do uso da irrigação

O mau uso da irrigação pode provocar danos ambientais, como erosão e contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agroquímicos. A água aplicada além do necessário pode prejudicar a produção, em virtude da redução da aeração do solo, da lixiviação de nutrientes e do desenvolvimento de doenças associadas ao excesso de umidade no solo (PIONEER, 2007). É bom ressaltar que nos sistemas irrigados é comum forte intensificação da agricultura, pela qual várias safras são obtidas em uma mesma área, o que pode levar a problemas de compactação do solo, redução da fertilidade ou desequilíbrio de nutrientes no solo, além do agravamento de problemas fitossanitários. O produtor necessita estar atento aos programas de rotação e sucessão de culturas que devem incluir culturas de cobertura e que auxiliem a reciclagem de nutrientes e o aporte de matéria orgânica ao solo.

Em sistemas com irrigação suplementar às chuvas, o manejo da irrigação apresenta um desafio maior, de forma a minimizar a lixiviação de agroquímicos. Serpa et al. (2012) verificaram que a possível lixiviação de nitrato reduziu a produtividade de milho quando

Digitalizado com CamScanner

chuvas intensas ocorreram logo após a aplicação de irrigação suplementar. Estratégias especiais de manejo da irrigação são desenvolvidas especialmente para serem utilizadas em regiões úmidas. Por isso, alguns pesquisadores defendem o uso da irrigação com déficе como forma de melhorar a eficiência de uso da água e de energia e reduzir os riscos de contaminação ambiental.

Produtividade da água e irrigação com déficе

O grande aumento da área irrigada por aspersão durante os últimos anos faz do setor agrícola o maior consumidor de água e energia do Brasil. Por isso, tem havido discussões recentes acerca de estratégias para aumentar a eficiência de uso da água, ou seja, aumentar a produção por unidade de água consumida (PIONEER, 2007). A despeito do grande consumo, a agricultura irrigada é a forma mais eficiente de elevar a produção de alimentos. Quando manejada de forma correta, o uso da irrigação em milho tem o potencial de proporcionar maior produtividade da água, em comparação com o regime de sequeiro (ANDRADE et al., 2011).

A irrigação com déficе é uma estratégia com potencial para ser utilizada em regiões que apresentem conflito pelo uso da água. Resultados de pesquisa para o Rio Grande do Sul apontaram aumento na eficiência de uso da água do milho se a irrigação for feita somente no período crítico da cultura, com doses de rega entre 60% e 80% daquela necessária para elevar a umidade do solo a capacidade de campo (BERGONCI et al., 2001; BERGAMASCHI et al., 2006). Em outro estudo, em que se utilizou irrigação suplementar em milho, verificou-se que a aplicação de 15% a menos de água no ciclo, porém mantendo irrigações adequadas no período crítico da lavoura e elevada população de plantas, proporcionou altas produtividades (SERPA et al., 2012).

Digitalizado com CamScanner

Desafios para a pesquisa com irrigação

Com o aumento do uso da irrigação em milho, é crescente a demanda por novas pesquisas, cujos tópicos principais são listados subsequentemente:

- Refinamento nos valores dos coeficientes de cultivo para novos arranjos e populações de plantas, sistemas consorciados, plantio direto, além de estimativas de coeficientes regionalizados e eventuais efeitos das mudanças climáticas nesses coeficientes.
- Simplificação nos métodos de manejo da irrigação para facilitar a adoção pelos produtores.
- Uso de águas residuárias em sistemas de produção irrigados.
- Irrigação na produção orgânica.
- Viabilidade econômica da irrigação total e suplementar.
- Prognóstico de clima para facilitar o planejamento e o manejo da irrigação.
- Irrigação com défice.
- Impactos ambientais da irrigação e refinamento das práticas culturais para mitigar os efeitos.

Referências

ALBUQUERQUE, P.E.P. de; ANDRADE, C. de L.T. de. **Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration - guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO, 1998, 300p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56).

AMARAL, T. A.; ANDRADE, C. de L. T. de; ALVES, M. E. B.; SILVA, D. F. Applying Csm-Ceres-Maize to define a sowing window for irrigated maize crop – The riacho´s farm case study. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 38-53, 2011.

ANDRADE, C. de L. T. de; AMARAL, T. A.; ALVES, M. E. B.; SILVA, D. F. Temporal variability of the water requirement and productivity for irrigated maize crop. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 54-60, 2011.

Digitalizado com CamScanner

ANDRADE, C.L.T.; AMARAL, T.A.; DUARTE, J.O.; GARCIA, J.C.; SILVA, D.F.; MARTINS, P.C. Simulated yield and net return of a maize crop fertilized with different sources and rates of nitrogen. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 11, n. 3, p. 254-267, 2012.

ANDRADE, C.L.T.; BRITO, R.A.L. **Métodos de irrigação e quimigação**. Embrapa, Circular Técnica, 86. Sete Lagoas, 17p. Dez. 2006.

ASSAD, E. D.; CASTRO, L. H. R. Análise frequencial da pluviometria para a estação de Sete Lagoas, MG. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, p. 397-402, 1991.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 831-839, set. 2004.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesq. agropec. bras., Brasília**, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev. 2006.

BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 7, p. 949-956, jul. 2001.

CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; ROSA, G. M.; ALMEIDA, M. Z. Controle total: o manejo da irrigação usando estações meteorológicas automáticas, computadores e comunicação via internet garante precisão e menos despesas. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, v. 3, n. 16, p. 20-23, jan./fev. 2003.

CASEIRO, F.T. CAMPELLO JÚNIOR, J.H.; PRIANTE FILHO, N. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura do milho (*Zea mays* L.), no período seco em Santo Antônio do Leverger - MT. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v .5, n. 1, p. 177-182, 1997.

CENSO AGROPECUÁRIO 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/51/agro_2006.pdf>. Acesso em: 17 de setembro 2013.

CSEI/ABIMAQ - Irrigação para alimentar. A Granja, 2007: http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/daniel/Downloads/Material/Pos-graduacao/Agricultura%20Irrigada/715reportagem%20de%20capa.pdf.

CLUBE DA IRRIGAÇÃO INICIA EXPERIÊNCIAS COM SOJA NO RS. Disponível em: <www.agrolink.com.br/noticias/-clube-da-irrigação-inicia-experiências-com-soja-no-rs_175027.html>. Acesso em: 28 de junho de 2013.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome: FAO, 1977. 144p. (Irrigation and drainage paper, 24).

Digitalizado com CamScanner

DUVICK, D.N. What is yield? In: EDMEADES, G.O.; BANZIGER, M.; MICKELSON, H.R.; PENA-VALDIVIA, C.B. (Ed.). **Developing drought and low N-tolerant maize**. El Batan: CIMMYT, 1997. p. 332-335.

FRANÇA, G.E.; RESENDE, M. Manejo de corretivos e fertilizantes em agricultura irrigada. IN: RESENDE, M.; ALBUQUERQUE, P.E.P.; COUTO, L. (Ed.). **A cultura do milho irrigado**. Brasília, DF. Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 317p.

MARTINS, C.A.S.; REIS, E.F.; PASSOS, R.R.; GARCIA, G.O. Desempenho de sistemas de irrigação por aspersão convencional na cultura do milho (*Zea mays* L.). **IDESIA** (Chile) Volumen 29, Nº 3, Septiembre-Diciembre, 2011.

MOREIRA, J.A.A.; CÁNOVAS, A.D.; STONE, L.F. **Determinação do consumo de água para culturas de grãos no sistema plantio direto com diferentes níveis de cobertura do solo: coeficiente de cultura**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão,2004. 8p.Embrapa.Relatório Subprojeto 06.04.02.077-5.

MOREIRA, J.A.A.; STONE, L. F.; PEREIRA, A. L. **Manejo da irrigação do feijoeiro em plantio direto: cobertura do solo**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão,1999. 2p. (Embrapa Arroz e Feijão. Pesquisa em Foco, 26).

PEGORARE, A.B.; FEDATTO, E.; PEREIRA, S.B.; SOUZA, L.C.F.; FIETZ, C.R. Irrigação suplementar no ciclo do milho safrinha sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 262-271, 2009.

PEREIRA FILHO I. A.; CRUZ, J. C. **Práticas culturais do milho**. In: EMBRAPA. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1993. p. 113-127.

PETRY, M.T.; ZIMMERMANN, F.L.; CARLESSO, R.; MICHELON, C.J.; KUNZ, J.H. Disponibilidade de água do solo ao milho cultivado sob sistemas de semeadura direta e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 3, p. 531-539, 2007.

PIONEER RESPONDE. Irrigação. Ago/2007. 19 p.

RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.; COUTO, L. **Cultivo do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 6).

RODRIGUES, L.R.; SILVA, P.R.F. **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul: Safras 2011/2012 e 2012/2013**. Organizado por Lia Rosane Rodrigues e Paulo Regis Ferreira da Silva. Porto Alegre: Fepagro, 2011. 140p.

SANS, L.M.A.; GUIMARÃES, D.P.; SANS, C.M.M. Coeficientes culturais de consórcio milho-feijão e milho-braquiária. In: XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2007, Aracaju. **Anais...** Santa Maria: SBAgro, 2007. v. único, CD Rom.

SERPA, M.S.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L.; VIERIRA, V.M.; MARCHESI, D.R. Densidade de plantas em híbridos de milho semeados no final do inverno em

Digitalizado com CamScanner

ambientes irrigados e de sequeiro. Pesq. agropec. bras., Brasília, v. 47, n. 4, p. 541-549, abr. 2012.

SOUZA, A.P.; LIMA, M.E.; CARVALHO, D.F. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do milho em monocultivo e em consórcio com a mucuna-cinza, usando lisímetros de pesagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 142-149, jan mar. 2012. Recife, PE, UFRPE.

VIEIRA, V.M.; SILVA, P.R. F.; ENDRIGO, P.C.; CASTRO, N.M.R.; SERPA, M.S.; MAASS, L.B.; GEHLEN, C. **Desempenho agronômico do milho em função da duração do período de irrigação complementar**. 54ª Reunião Técnica Anual de Milho e 37ª Reunião Técnica Anual do Sorgo. Veranópolis, RS. 2009

Digitalizado com CamScanner

9 MILHO SEGUNDA SAFRA

João Carlos Cardoso Galvão[1], *Emerson Trogello*[2] e *Luis Paulo Lelis Pereira*[3]

O milho cultivado entre os meses de janeiro e abril, logo após a colheita de verão, foi inicialmente designado de "milho safrinha". Neste capítulo, ficará claro que "a safrinha tornou-se safrão" e representa hoje importante pilar na sustentabilidade da cultura do milho e dos ramos dependentes desta (suinocultura, avicultura etc.).

No ano de 2011, no município de Lucas do Rio Verde, MT, foi realizado o XI Seminário Nacional de Milho Safrinha, com o tema "de safrinha a grande safra". De antemão, o Seminário nos remeteu a duas situações: a importância adquirida pela anteriormente denominada "safrinha" e a importância do Estado do Mato Grosso nesse processo.

A evolução de importância é, no entanto, de certa forma recente. Em 1944, publicação intitulada "O milho – como produzi-lo melhor e mais barato", de Antônio Secundino de São José, apresentava a época de outubro como a principal e mais plantada nas variadas regiões, sendo impensável para a época a semeadura da cultura em meses como janeiro a abril.

Apenas na safra **agrícola** de 1978/79 no Paraná e na Bahia (CONAB, 2016) ocorreu tímida semeadura da cultura nos meses de

[1] Engenheiro-Agrônomo, D.S. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: jgalvao@ufv.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor do IF Goiano - Morrinhos. E-mail: etrogello@yahoo.com.br
[3] Engenheiro-Agrônomo e Mestrando da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: luis.pereira@ufv.br

Digitalizado com CamScanner

janeiro a abril. Esse período de semeadura, variável nas diferentes regiões, apresenta-se como o início da redução da precipitação e das temperaturas médias em território brasileiro, podendo ocorrer déficе hídrico e mesmo geadas em regiões mais ao Sul do Brasil. Tem-se ainda a redução do "comprimento" do dia, o que é inadequado ao cultivo do milho.

Mesmo semeado em condições climáticas desfavoráveis e com produtividade muito baixa, o milho safrinha competia com culturas que vinham apresentando prejuízos constantes ao produtor rural, bem como o cultivo e, consequentemente, a colheita em época "fora do normal" proporcionava perspectiva de melhor comercialização do produto. Além do potencial de comercialização, tinha-se a sustentabilidade da propriedade, usando do pouco produzido como matéria-prima para ramos dependentes, como a suinocultura e avicultura. O cultivo do milho safrinha proporcionava ainda cobertura vegetal para proteção do solo e matéria orgânica que viabilizava a implantação do sistema plantio direto.

Mesmo com alguns pontos favoráveis, justificando a semeadura da cultura, o produtor rural resumiu as técnicas culturais em semeadura e colheita, o que caracterizou a denominação da época de cultivo como "safrinha". E, por incrível que pareça, os pioneiros obtiveram relativo sucesso com a cultura, iniciando-se, assim, uma ainda tímida aceitação da nova época de cultivo.

O crescimento foi lento e, em meados da década de 1990, a segunda safra de milho respondia por apenas 10% da produção total, com produtividade média da cultura em torno de 2.100 kg ha^{-1}.

Setenta anos após a publicação de São José e trinta e cinco anos após o tímido início da semeadura da cultura em meses de janeiro a abril, a cultura do milho em segunda safra garante a sustentabilidade nacional e a independência brasileira quanto ao cultivo de grãos de milho.

Segundo o 12º levantamento da safra brasileira de grãos, realizado em setembro de 2016 pela CONAB, a cultura do "milho safrinha", já denominado segunda safra, abrangeu área de 9,76 milhões de hectares na safra 2015/16, uma variação positiva de 12,7% em relação a área semeada na safra de 2014/15. Já a primeira safra

Digitalizado com CamScanner

apresentou área de 5,39 milhões de hectares na produção agrícola de 2015/16, com variação negativa de 12,3% (Figura 9.1).

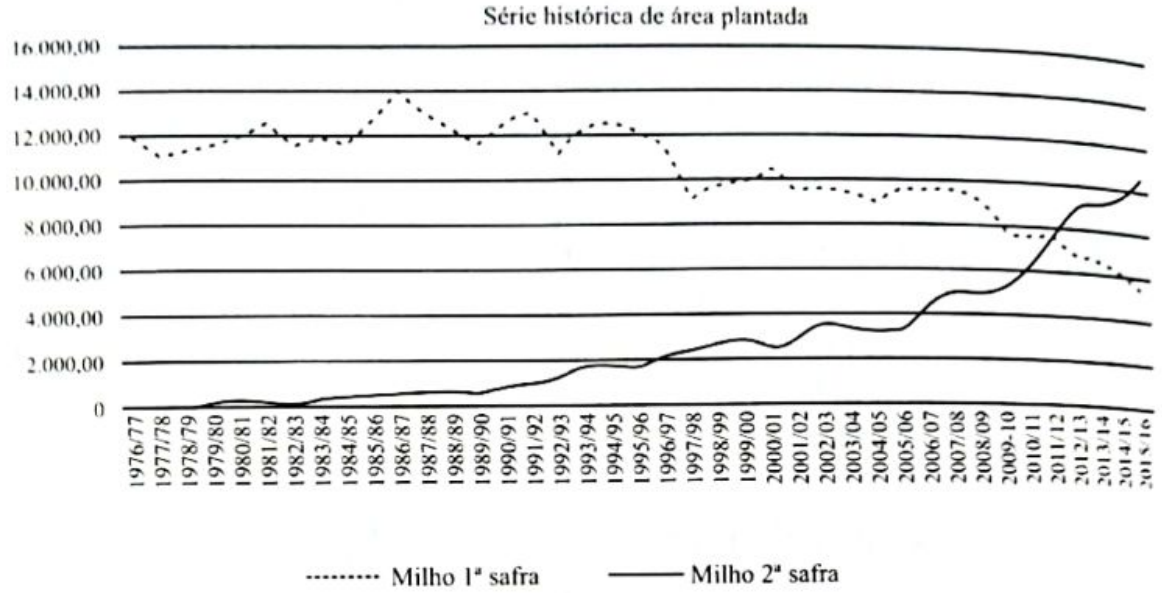


Figura 9.1 - Área plantada (em 1.000 ha) das safras de verão e segunda safra, de 1977 a 2016.

Fonte: CONAB, 2016.

Quanto à produtividade agrícola da segunda safra, tem-se garantido aumento dessa ao longo dos últimos anos. Mesmo em condição tida como não ideal de cultivo, a produtividade média em comparação à cultura de verão elevou-se nos últimos anos. Entretanto, no ano agrícola de 2015/16, verificou-se novamente a instabilidade do milho semeado em segunda safra. A segunda safra de 2014/15 apresentou produtividade média de 5.715 kg ha^{-1} e a segunda safra de 2015/16, de 3.904 kg ha^{-1}, queda de 31,7% (Figura 9.2). Segundo a CONAB (2016), essa queda de produtividade se deve à instabilidade do clima. Regiões como o Centro-Oeste, mesmo antes da semeadura, apresentavam apreensão quanto à instabilidade climática, a qual já havia atrasado o plantio da soja, o que poderia impactar a condução das lavouras de segunda safra. Isso ocorreu: instabilidade climática reduziu a janela de semeadura e expôs a cultura do milho a condições adversas de cultivo, culminando em perda produtiva em uma região que representa 68% da oferta nacional do produto em segunda safra.

Observa-se incremento da produtividade ao longo dos anos, entretanto o agricultor ainda se depara com instabilidades climáticas e

Digitalizado com CamScanner

aumento nos custos de produção, o que pode torná-lo mais receoso no semeio do milho segunda safra.

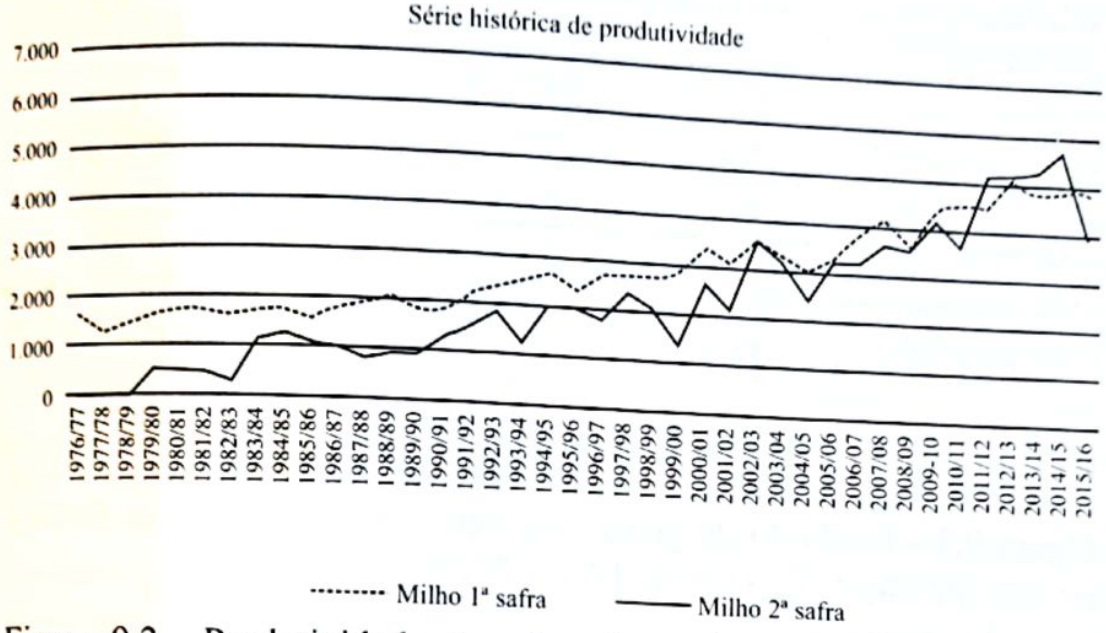


Figura 9.2 - Produtividade de grãos (kg ha^{-1}) das safras de verão e segunda safra de 1976 a 2016.

Fonte: CONAB, 2016.

Quanto à produção agrícola de grãos de milho, a segunda safra no período de 2015/16 produziu aproximadamente 41,1 milhões de toneladas de grãos, 24,7% inferior ao obtido em 2014/15 (54,6 milhões de toneladas). A queda ocorreu devido aos fatores climáticos, os quais afetaram drasticamente a produtividade da cultura. Mesmo apresentando redução, a produção em segunda safra ainda se mostra superior às obtidas com a semeadura em primeira safra (25,8 milhões de toneladas) (Figura 9.3).

O grande avanço em termos de produção (Figura 9.3), observado a partir da safra 2004/05, deve-se em grande parte à expansão da cultura para o Estado do Mato Grosso, o qual apresenta maior tecnificação e melhores condições para o cultivo da segunda safra.

As Figuras 9.1 a 9.3 ilustram o constante crescimento da importância relativa da segunda safra, que tem, atualmente, representatividade igual ou superior à observada na primeira safra.

Digitalizado com CamScanner

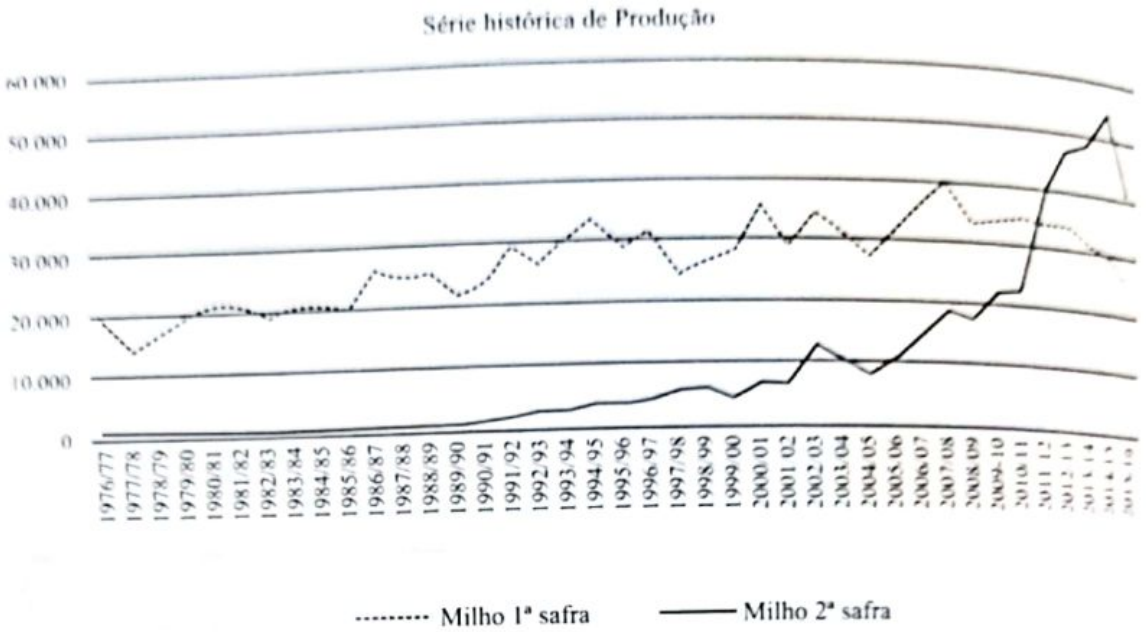


Figura 9.3 - Produção de grãos (mil toneladas) das safras de verão e segunda safra de 1976 a 2016.

Fonte: CONAB, 2016.

Um dos estados que mais contribuíram para o significativo crescimento da cultura de milho em segunda safra foi o Mato Grosso. As suas áreas foram inicialmente cultivadas na década de 1970 com a cultura da soja; porém, as dificuldades financeiras enfrentadas na década de 1980 propiciaram a busca de nova alternativa de cultivo e, assim, os agricultores, oriundos principalmente da Região Sul do país, optaram pela inserção da cultura do milho, pelo fato de ter mais contato com ela em sua região de origem. Mas somente com o aumento da demanda da cultura, principalmente devido à crescente suinocultura, na década de 1990, o milho foi implantado em segunda safra. A criação de unidades de pesquisa, com o intuito de desenvolver tecnologias voltadas ao cultivo do milho em segunda safra, impulsionou a sua semeadura e a transformou no principal sistema produtivo de milho no estado.

Rotação e sucessão de culturas

A inserção da cultura do milho no período de segunda safra intensifica o uso da terra, otimiza a utilização de máquinas e implementos e garante maior renda ao produtor rural (FRANCHINI et

Digitalizado com CamScanner

al., 2011). No entanto, o sistema torna-se mais complexo e necessita de maior tecnificação pelo agricultor. Inserir constantemente o sistema soja/milho safrinha, o que ocorre em mais de 85% das áreas cultivadas no oeste do Estado do Paraná (SIQUEIRA; CASÃO JUNIOR, 2006), pode representar problemas futuros mútuos às culturas.

Essa contínua sucessão soja/milho safrinha acarreta degradação física, química e biológica do solo, proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento de insetos-praga, doenças e plantas daninhas e culmina em queda da produtividade. Portanto, para minimizar esse impacto é necessário reduzir sucessão de cultivares (EMBRAPA, 2013).

Preocupação constante entre pesquisadores, técnicos e agricultores é a adoção massiva da transgenia, que confere resistência ao glifosato tanto na cultura da soja como na do milho. A sucessão constante dessas culturas aumenta a pressão de seleção de plantas daninhas resistentes, o que pode provocar perda da tecnologia e ineficiência no controle do mato na área. Portanto, não se deve somente optar pela diversificação das sucessões de cultura, mas também alternar mecanismo de ação dos herbicidas a serem utilizados.

A sucessão constante culmina em perda de produtividade para ambas as culturas. O cultivo de uma safrinha a cada dois anos, em comparação ao cultivo continuo da safrinha, proporcionou incremento da produtividade da ordem de 15% nas safras entre 2002 e 2010 (FRANCHINI et al., 2011).

A rotação de cultura proporciona ainda melhor condução do sistema de semeadura direta, repondo matéria orgânica e protegendo o solo da ação dos agentes climáticos. Embora os restos vegetais produzidos pelo milho safrinha apresentem-se em quantidade próxima a 6 t ha^{-1}, sua capacidade de cobrir o solo de forma homogênea é baixa quando comparada a culturas de aveia e trigo, o que minimiza os efeitos benéficos do sistema de semeadura direta (FRANCHINI et al., 2011). A baixa uniformidade de distribuição da palhada de cobertura pode ainda acarretar impecilhos à correta semeadura da cultura (Figura 9.4).

Digitalizado com CamScanner

(A) (B)

Figura 9.4 - Cobertura de aveia em área de pré-semeadura de milho (A) e resteva de milho pós colheita (B).

Fotos: (A) Emerson Trogello; (B) Luiz Carlos Barp Rodrigues

Época de semeadura da segunda safra de milho

Assim como ocorre na cultura do milho de primeira safra, a época adequada de semeadura da segunda safra de milho é variável nas diferentes regiões brasileiras. No entanto, a cultura geralmente é semeada de janeiro a abril, após soja precoce ou feijão das águas.

Uma particularidade do período de semeadura da cultura em segunda safra é que esta depende do tipo de cultura, época de semeadura, ciclo, condições para a colheita, entre outras características da cultura de verão. Semear cultura da soja com ciclo tardio em épocas avançadas tende a postergar a semeadura da cultura de segunda safra de milho e expô-la a condições climáticas inadequadas ao seu cultivo. Dessa forma, o agricultor que objetiva semear a cultura do milho em segunda safra deve planejar o plantio da safra verão, visando colher o mais cedo possível e predispor a cultura de milho segunda safra a menores riscos de geada ou défice hídrico.

A implantação da cultura da soja de ciclo curto, antecipando o plantio da segunda safra de milho, é primordial para o sucesso do milho segunda safra, pois minimiza o risco de estresse hídrico nas Regiões do Mato Grosso e Goiás e as baixas temperaturas e geadas nas Regiões Sul do Brasil.

Digitalizado com CamScanner

Visando caracterizar os sistemas produtivos em 1.138 lavouras distribuídas na Região Centro-Oeste e nos Estados de São Paulo e Paraná, que obtiveram produtividade acima de 5.000 kg ha^{-1} no cultivo de milho segunda safra, Cruz et al. (2011) observaram que a maior parte das lavouras (81%) foi implantada no mês de fevereiro, sendo apenas 2% e 17% dessas cultivadas em janeiro e março, respectivamente.

Avaliando por região produtora, os mesmos autores ainda observaram que semeaduras realizadas entre as primeiras quinzenas de fevereiro e março nos Estados do PR e MS alcançaram maiores rendimentos; no Estado de GO, os maiores rendimentos foram obtidos na primeira quinzena de fevereiro e em MT, na segunda quinzena do mesmo mês; no Estado de São Paulo, a época de semeadura que propicia maiores produtividades de milho estende-se até o mês de abril.

As épocas diferem entre as várias regiões produtoras e visam propiciar escape para déficе hídrico no caso do Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais e norte de São Paulo e Mato Grosso do Sul, e geadas, no caso de Paraná, sul de Mato Grosso do Sul e sudoeste de São Paulo. Os riscos de geada e déficе hídrico se agravam em áreas de maior altitude, sendo recomendadas, ao contrário da safra verão, baixas altitudes.

Na oitava edição do Sistema de Produção 1, publicado pela Embrapa Milho e Sorgo (SANS; GUIMARÃES, 2012), apresentam-se as épocas de plantio de milho segunda safra. O zoneamento agrícola é embasado não somente pelo fator precipitação (intensidade e distribuição) e elementos de temperatura e radiação, mas também em aspectos fisiológicos da planta e características físico-hídricas dos solos. Segundo Sans e Guimarães (2012), o zoneamento agrícola disponibiliza as épocas de semeadura de menor risco para a cultura do milho segunda safra. Algumas épocas podem ser observadas na Tabela 9.1, as demais, pelo site do Ministério da Agricultura (http://www.agricultura.gov.br).

Algo comum na época de semeadura da segunda safra de milho é a total otimização das máquinas e implementos na propriedade. Podem-se ver em campo a colhedora de grãos retirando a cultura de verão e a semeadora-adubadora semeando em sequência a cultura de segunda safra (Figura 9.5).

Digitalizado com CamScanner

Tabela 9.1 - Épocas-limite de semeadura da cultura de milho sequeiro em segunda safra

Estado	Época-limite	Altitude	Região
Mato Grosso	15/03	Alta	Centro-Norte
Goiás	15/02	Baixa	Sudeste
	28/02	Alta	Sudoeste
Minas Gerais	28/02	Baixa	Vale do Rio Grande
Mato Grosso do Sul	15/03	Baixa e Alta	Centro-Norte
		Baixa	Centro-Sul
São Paulo	28/02	Alta	Alto Paranapanema
	15/03	Baixa	Norte e Noroeste
	30/03	Baixa	Médio Vale do Paranapanema
Paraná	30/01	Alta	Oeste e Sudoeste
	15/03	Baixa	Oeste e Vale do Iguaçu
	30/03	Baixa	Norte e Noroeste

Fonte: Adaptada de EMBRAPA MILHO E SORGO, 2012.

Figura 9.5 - Colheita da soja precoce e posterior semeadura da cultura do milho segunda safra.

Fonte: <douradinanews.com.br>.

Digitalizado com CamScanner

Verifica-se que alguns agricultores lançam mão da dessecação da cultura de verão (Figura 9.6), visando antecipar ainda mais a colheita (7 a 10 dias). Neste período, dias em que se postergam a semeadura da cultura da segunda safra podem representar o insucesso do empreendimento.

Figura 9.6 - Dessecação de soja em talhões e semeadura da cultura de milho segunda safra logo após a colheita.

Fonte: <revistagloborural.globo.com> (Na pegada da soja).

A adoção de soja precoce para antecipar a sua colheita utilizando dessecação permite a imediata semeadura do milho em segunda safra, para se conseguir alta produtividade. O atraso na semeadura do milho em segunda safra significa perda em produtividade e maior risco à cultura, podendo chegar a prejuízos diários de 90 kg ha^{-1}. As perdas decorrentes de atraso na semeadura do milho em segunda safra podem ser visualizadas na Figura 9.7.

Digitalizado com CamScanner

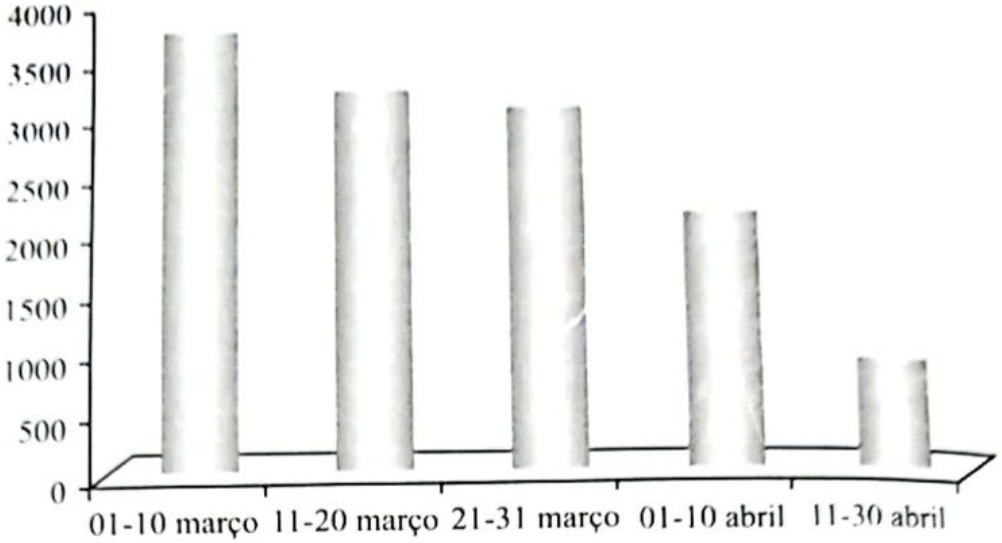


Figura 9.7 - Produtividade da cultura do milho (kg ha^{-1}) em segunda safra, semeadas de 1º de março a 30 de abril.

Fonte: Adaptado de DUARTE et al., 2000.

Escolha dos híbridos

Assim como ocorre para a primeira safra, testes de variedades realizados na região de cultivo indicam o material mais adaptado. Entretanto, é importante notar resultados obtidos em outras condições de cultivo, a fim de verificar a estabilidade potencial de cada material. Híbridos estáveis têm maiores condições de garantir boa produtividade.

Os cultivares de milho não diferem entre a safra normal e segunda safra; no entanto, é preciso ater-se a aspectos importantes do cultivar a ser escolhido: deve apresentar ciclo rápido (precoce, semiprecoce ou superprecoce), estabilidade produtiva, resistência a doenças, tolerância ao acamamento e ao quebramento de plantas, bom empalhamento, sincronismo entre o florescimento masculino e o feminino, baixo índice de grãos ardidos e insumos requeridos.

Geralmente, as características de interesse são alcançadas com cultivares de alta tecnologia. Segundo dados da Embrapa Milho e Sorgo e de acordo com Cruz et al. (2012), cerca de 78% das sementes plantadas na segunda safra de 2012 foram provenientes de híbridos simples e triplos, necessitando, portanto, nível tecnológico adequado para que essas expressassem o seu potencial produtivo.

Digitalizado com CamScanner

O relatório biotecnológico da Céleres (2013) registra que a adoção da biotecnologia para a segunda safra de milho, no período 2012/13, é da ordem de 87,8%, perdendo apenas pela adoção da cultura da soja (88,8%). Desses 87,8%, cerca de 43% apresentam resistência combinada (resistência a insetos e tolerância a herbicidas), 9,1% têm tolerância a herbicidas isoladas e 35,7% mostram apenas resistência a insetos como componente da biotecnologia. Essa adoção de biotecnologia é superior à observada na primeira safra de milho, com apenas 64,8%.

Trabalhando com observações em 1.138 lavouras distribuídas na Região Centro-Oeste e nos Estados de São Paulo e Paraná, Cruz et al. (2011) verificaram que as lavouras obtiveram rendimento médio de 6.213 kg ha^{-1}, somente alcançado pelo alto nível tecnológico empregado e pela escolha de híbridos produtivos e adaptados. De todos os híbridos utilizados nas 1.138 lavouras, 77,8% eram provenientes de cruzamentos simples, 16,7% de cruzamentos triplos e 5,5% de cruzamentos duplos. Observou-se ainda que 74% dos híbridos foram de ciclo precoce, 22,3% de ciclo superprecoce e 3,7% de ciclo semiprecoce. Em semeadura realizada nos períodos de janeiro e fevereiro, opta-se por cultivares de ciclos mais longos, devido às elevadas temperaturas, o que pode acelerar ainda mais o ciclo de cultivares superprecoces, reduzindo a produtividade.

Ao se observar a massiva adoção biotecnológica e de sementes provenientes de cruzamentos simples e triplos, percebe-se que a segunda safra de milho apresenta alto nível tecnológico, o que explica os constantes aumentos de produtividade.

Arranjo de plantas na área

Com a densidade de semeadura, há relação positiva direta entre a disponibilidade hídrica e de nutrientes, e quanto maior a disponibilidade dos recursos, maior poderá ser a densidade recomendada. No cultivo de milho em segunda safra, sob condições hídricas desfavoráveis, tende-se a utilizar menor densidade de semeadura. Brachtvogel (2008) observa que esta afirmativa baseia-se nos cultivares existentes até o momento e que podem-se buscar cultivares adaptados ao adensamento populacional. Atualmente, os

Digitalizado com CamScanner

cultivares no mercado que estão sendo amplamente semeados em cultivo de segunda safra apresentam alta resistência ao acamamento e tendem a suportar maiores densidades em comparação aos cultivares mais antigos. No entanto, ainda não se equiparam as densidades utilizadas no cultivo de primeira safra, uma vez que os recursos disponíveis tendem a ser em menor número.

Cruz et al. (2011) observaram que em propriedades com alta produtividade (>5000 kg ha^{-1}) predominaram (39%) as densidades populacionais de 51.000 a 55.000 plantas ha^{-1}. Quanto ao espaçamento entre fileiras de plantio, os mesmos autores notaram ampla distribuição de espaçamentos, que variou de 0,45 a 0,90 m. No entanto, 35% das áreas que obtiveram produtividades de milho superiores a 5.000 kg ha^{-1} trabalharam com espaçamentos entre 0,45 e 0,50 m, enquanto em apenas 23% das propriedades os espaçamentos foram de 0,81 a 0,90.

Os dados da pesquisa ainda não são contundentes quanto ao arranjo de plantas, sendo a produtividade, em razão de diferentes arranjos, muito variável de um ano agrícola para outro. Tem-se, no entanto, um consenso de que maior equidistância entre as plantas de milho acarretaria alta taxa de cobertura do solo, o que poderia limitar o desenvolvimento de daninhas e manter um microclima ideal ao desenvolvimento da cultura. Ter-se-ia ainda melhor aproveitamento da incidência de luz solar e menor competição entre as plantas cultivadas. Dessa forma, manter a população de plantas (variando com região, disponibilidade de nutrientes e cultivares utilizados) e privar pelo menor espaçamento entre fileiras (próximos a 0,45 m) – o que acarretaria maior espaçamento entre plantas na fileira e, consequentemente, melhor equidistância entre as plantas cultivadas – pode ser a melhor alternativa para propiciar a melhor condição de desenvolvimento para a cultura do milho.

Viabilidade econômica da segunda safra

A viabilidade econômica da cultura do milho em segunda safra varia de região para região e nos diferentes anos agrícolas. O custo de implantação e a condução da cultura, bem como os preços

Digitalizado com CamScanner

obtidos na venda do grão são variáveis e devem ser analisados antes da implantação das culturas.

Avaliando a viabilidade econômica da cultura do milho safrinha em Mato Grosso do Sul, Richetti (2011) observou que o custo de produção desse milho foi estimado em R$1.091,64 por hectare, tendo produtividade esperada de 4.200 kg ha^{-1}. Tem-se, assim, custo de R$15,60 por saca de 60 kg.

A semeadura correspondeu a 53,8% do custo de produção, incluindo os custos com semente e seu tratamento, fertilizante e a operação agrícola; já a colheita respondeu por 9,6% dos custos totais. É importante observar que a decisão de semear ou não a cultura do milho segunda safra é de extrema importância, pois, uma vez semeada, mais de 50% dos custos já estarão empregados na cultura. Cabe assim definir adequadamente o período de semeadura, bem como primar por adequada semeadura em condições ideais.

Ainda segundo Richetti, a renda líquida do agricultor foi positiva, mesmo quando o preço da saca de milho teve declínio de até 30% em relação aos R$23,30 fixados na safra de 2011. Já quanto à variação produtiva, esta pode ocorrer negativamente em até 30% em relação a 70 sc ha^{-1} esperadas para o ano agrícola em questão, que continuará a apresentar retorno positivo ao agricultor.

O custo de plantio geralmente representa 50% do total. Os tratos culturais mostram, assim, menos de 40% dos custos totais. À medida que o agricultor semeia a cultura, deve-se atentar para a eficiência dos tratos culturais e lançar mão de recursos variados para garantir o correto desenvolvimento da cultura, uma vez que apresentam baixo custo. A semente plantada deve ser conduzida até o final do ciclo, pois tem alto valor agregado e representa grande custo ao produtor rural.

Inovações tecnológicas no cultivo de milho segunda safra

A região Centro-Oeste, principalmente o estado do Mato Grosso, é hoje uma das principais produtoras de soja e milho, sendo o milho semeado quase em sua totalidade como cultura de segunda

Digitalizado com CamScanner

safra. O milho segunda safra tornou-se tão importante no Estado do Mato Grosso que o XI Seminário Nacional de milho safrinha foi realizado em Lucas do Rio verde – MT, em 2011. Com a temática "De Safrinha à Grande Safra", o Seminário teve o Estado do Mato Grosso como um dos principais referenciais de desenvolvimento. Neste mesmo evento, Bortolini discorreu sobre o tema: Evolução e a Sustentabilidade do Sistema de Produção de Milho Safrinha no Estado do Mato Grosso.

Por volta de 2000, a implantação da cultura no estado era incipiente, ou seja, com rendimentos não superiores a 3.000 kg ha^{-1}. O cultivo do milho era quase totalmente, pautado em "pacotes tecnológicos", sem considerar as condições reais de cultivo. Cultivava-se a 0,8-0,9 m de espaçamento, com população de 40.000 plantas ha^{-1}, adubação quase exclusiva, com base em 150 a 250 kg ha^{-1} da formulação de NPK 08-20-20 ou 06-16-16. As plantas daninhas eram controladas com Atrazina e as lagartas, com inseticidas fosforados.

Alguns pesquisadores propuseram reduzir o espaçamento para 0,45-0,50 m e aumentar a população para 60.000 a 65.000 plantas ha^{-1}. Estas mudanças foram gradativamente sendo aceitas pelos produtores e, hoje, mais de 90% das áreas são cultivadas com espaçamento reduzido. É impensável visar altas produtividades com população de plantas inferiores a 55.000 plantas ha^{-1}.

Outra inovação proposta e altamente aceita na Região Centro-Oeste é a criação dos chamados sistemas consorciados de cultivo, onde, em conjunto com o milho, são cultivadas outras espécies. Já em 2001 o consórcio milho-*Brachiaria Ruziziensis* teve início tímido. Assim, no ano de 2012, aproximadamente 150 mil hectares foram semeados usando-se este sistema. Criou-se assim o que se chama de terceira safra com a engorda do gado de junho a setembro integrando-se, no entanto, a lavoura e a pecuária. O sistema ganhou tanta importância que pesquisadores veem nele a base para a sustentabilidade do sistema produtivo no Cerrado.

Já em 2016, no 15º Encontro Nacional de Plantio Direto na Palha, realizado em Goiânia – GO, criou-se o conceito da quarta safra, a qual incluiria a colheita da soja em primeira safra, colheita do milho consorciado principalmente com *Brachiaria* em segunda safra, "colheita do gado", o qual entraria no sistema devido à inserção do

Digitalizado com CamScanner

consórcio, e a "colheita" da palhada de cobertura, formada pela resteva da *Brachiaria*. Esse sistema, ao ser inserido no Cerrado, propiciaria, além da formação de palhada, grande gargalo da efetivação do plantio direto na região, o incremento produtivo com a adição da pecuária no sistema.

Vários modelos de integração estão sendo formalizados e implantados com sucesso:

Sistema Santa Brígida – objetiva inserir adubos verdes ao sistema de produção, permitindo aporte de nitrogênio no solo, principalmente via fixação biológica, sem afetar a produção de grãos de milho. Pode-se ainda melhorar a qualidade das pastagens, quando se insere o cultivo de braquiárias (OLIVEIRA et al., 2010).

Sistema Santa fé – busca produzir, de forma consorciada, grãos (milho, sorgo, milheto, soja etc.) com forrageiras tropicais (*Brachiaria* etc), principalmente no sistema de plantio direto, objetivando que as culturas anuais apresentem desenvolvimento inicial rápido, para competir com as forrageiras. Esse sistema não altera o cronograma do produtor (KLUTHCOUSKI et al., 2000).

Sistema Barreirão – propicia recuperação/renovação de pastagens degradadas, consorciando-as com culturas anuais (arroz, milho, sorgo e milheto) ou com leguminosas forrageiras (*Stylosanthes* sp., *Arachis pintoe* etc.).

Talvez os sistemas atualmente difundidos não devam ser seguidos na íntegra, pois cada propriedade tem características impares, que devem ser analisadas para, assim, construir um sistema que se adeque à sua realidade. Cabe ao produtor rural observar que a lavoura não se faz de retornos imediatistas, mas de planejamento para além de uma safra agrícola, podendo assim adotar e conduzir o sistema que mais se adequa à sua realidade enquanto produtor.

O agricultor deve buscar a formação de palhada para a cultura do verão e a proteção do solo. Tratar a palhada de cobertura, como uma colheita do sistema de integração, é extremamente viável e pode garantir a sustentabilidade do sistema de plantio direto, principalmente nas áreas do cerrado. Na região do cerrado, apenas o aproveitamento das últimas chuvas da estação propiciariam esta cobertura de palhada e somente integrando culturas pode-se obter este aproveitamento.

Digitalizado com CamScanner

Considerações finais

A época de semeadura, inicialmente denominada "safrinha", tem hoje alto aporte tecnológico, galga elevadas produtividades e produção, garantindo, assim, a sustentabilidade produtiva de milho. Enquanto a cultura de primeira safra encontra alta concorrência, como a soja, o potencial de crescimento em área cultivada do milho segunda safra é enorme, principalmente em regiões altamente produtoras de soja como o Centro-Oeste.

Observa-se, assim como verificou-se na safra de 2015/16, que a cultura de segunda safra continua tendo alto risco climático (frio intenso e geadas na região mais sul do Brasil e défice hídrico nas demais regiões) e que os custos se elevam de maneira vertiginosa, o que preocupa o produtor de segunda safra. Na contramão desse desestímulo, tem-se a segunda safra como opção extremamente viável aos cultivos nas áreas de abertura e de cerrado, o que eleva a área plantada em todo Brasil.

Referências

BRACHTVOGEL, E.L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestre em Agronomia Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu, SP, 2008.

CÉLERES. **Segundo acompanhamento de adoção da biotecnologia agrícola para a safra 2012/13**. 7 p. Disponível em: <www.celeres.com.br>. Acesso em: 4 Jun 2013.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira**: grãos, Décimo segundo levantamento, setembro de 2016. Brasília: Conab, 2013. P.1-182. Disponível em <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_09_09_15_18_32_boletim_12_setembro.pdf>. Acesso em: 26 de setembro de 2016.

CONAB. Séries **Históricas Relativas às Safras 1976/77 a 2015/2016 de área plantada, produtividade e produção (milho 2ª safra)**. Disponível em <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=2>. Acesso em: 26 de setembro de 2016.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; GARCIA, J.C.; DUARTE, J.O. Cultivares. In **Sistema de produção 1.** 8. ed. outubro 2012. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_8ed/index.htm>. Acesso em: 10 Jul. 2013.

Digitalizado com CamScanner

CRUZ, J.C.; SILVA, G.H.; PEREIRA FILHO, I.A.; GONTIJO NETO, M.M.; MAGALHÃES, P.C. **Sistema de produção de milho safrinha de alta produtividade**: Safras 2008 e 2009, 2011. 10 p. (Circular Técnica, 160).

DUARTE, A.P.; MARTINS, A.C.N.; BRUNINI, O.; CANTARELLA, H.; DEUBER, R.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; TSUNECHIRO, A.; SAWAZAKI, E.; DENUCCI, S.; FANTIN, G.M.; RECO, P.C. **Milho safrinha, técnicas para o cultivo no Estado de São Paulo**. Campinas, SP: CATI, 2000. 16 p. (Documento técnico, 113)

EMBRAPA. 2012 Época de plantio de milho de sequeiro http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja** – Região central do Brasil 2012 e 2013. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011. 261 p. (Sistemas de Produção/Embrapa Soja, n. 15).

FRANCHINI, J.C.; COSTA, J.M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2011. 52 p. (Documentos EMBRAPA, n.327).

GALVÃO, J.C.C.; MIRANDA, G.V. **Tecnologias de produção de milho** – Economia, cultivares, biotecnologia, safrinha, adubação, quimigação, doenças, plantas daninhas e pragas. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. 366 p.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura do milho safrinha, 2012, em Mato Grosso do Sul, Embrapa Agropecuária Oeste**. 2012. 8 p. (Comunicado Técnico, n. 172).

ROSCOE, R.; LOURENÇÃO, A.L.F.; GRIGOLLI, J.F.J.; MELOTTO, A.M.; PITOL, C.; MIRANDA, R.A.S. **Tecnologia e produção**: milho safrinha e culturas de inverno. Curitiba, PR: Midiograf, 2013. 172 p.

SANS, L.M.A.; GUIMARÃES, D.P. Zoneamento agrícola – Época de plantio de milho. In: **Sistema de produção**, 1. 8. ed. Outubro 2013. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_8ed/index.htm>. Acesso em: 10 Jul. 2013.

SÃO JOSÉ, A.S. O milho: como produzi-lo melhor e mais barato. **Revista Ceres**. Viçosa, MG, v. 5, p. 421-440, 1944.

SEMINÁRIO NACIONAL DE MILHO SAFRINHA, 11., 2011, Lucas do Rio Verde. MT. **Anais...** Lucas do Rio Verde, MT: Fundação Rio Verde, 2011. 544 p. Disponível em: <http://www.seminariomilhosafrinha.com.br/palestras>. Acesso em: 15 Jun 2013.

SIQUEIRA, R.; CASÃO JUNIOR, R. Difusão de técnicas para a melhoria da qualidade do plantio direto: impacto do projeto e bases referenciais para planejamento. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA, Y.R.; PASSINI, J.J. (Ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina, PR: IAPAR; Foz do Iguaçu: Itaipu Binacional, 2006. p. 191-200.

OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J.L.; SANTOS, D.C. Sistema Santa Brígida – Tecnologia Embrapa: Consorciação de Milho com Leguminosas. Circular Técnica – 88. Santo Antônio de Goiás, GO, Dezembro, 2010

Digitalizado com CamScanner

KLUTHCOUSKI, J.; COBUCCI, T.; AIDAR, H.; YOKOYAMA, L.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, J.L.S.; SILVA, J.G.; VILELA, L.; BARCELLOS, A.O.; MAGNABOSCO, C.U. Sistema Santa Fé - Tecnologia Embrapa: integração lavoura-pecuária pelo consórcio de culturas anuais com forrageiras, em áreas de lavoura, nos sistemas plantio direto e convencional. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; PACHECO, A. R.; TEIXEIRA, S. M.; OLIVEIRA, E. T. Renovação de pastagens de Cerrado com Arroz. I. Sistema Barreirão. Goiânia: EMBRAPA-CNPAF, 1991. 20 p. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 33).

Digitalizado com CamScanner

MILHO SILAGEM 10

Pedro Patric Pinho Morais[1], *Ítalo Stefanine Correia Granato*[2] e *Roberto Fritsche-Neto*[3]

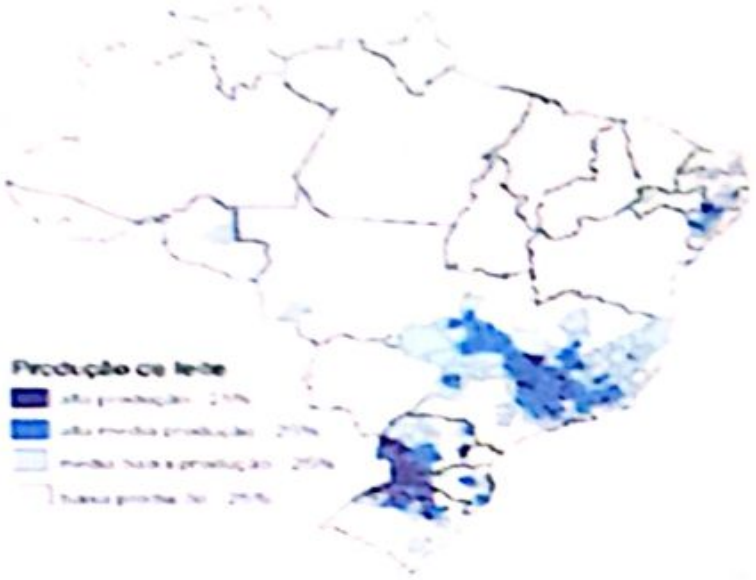
A exploração da bovinocultura de leite ou de carne exige alta produtividade do rebanho durante todo o ano. Em regiões cujo outono-inverno é caracterizado por escassez de precipitação pluvial, a produção e a qualidade da forragem diminuem, o que pode acarretar perda de peso e menor produtividade de leite. Assim, nesta época, é necessária a suplementação da alimentação dos animais, e uma das principais fontes de volumoso é a silagem de milho. Além disso, em sistemas intensivos de criação de gado, a utilização de animais melhorados é comum e, para que se possa explorar todo o potencial genético desses, é imprescindível que a silagem de milho seja de alta qualidade (MELLO et al., 2005).

No Brasil, apesar de a bovinocultura de corte demandar grandes extensões de terra para seu desenvolvimento, é a produção leiteira o principal indicador do mercado de silagem de milho. Essa concentra-se nas Regiões Sul e Sudeste do país (Figura 10.1), que são também consideradas as maiores áreas produtoras de milho silagem (PIONEER, 2013). Neste contexto, estima-se que as áreas de plantio de milho destinadas à produção de silagem estão em torno de 2,25 milhões de

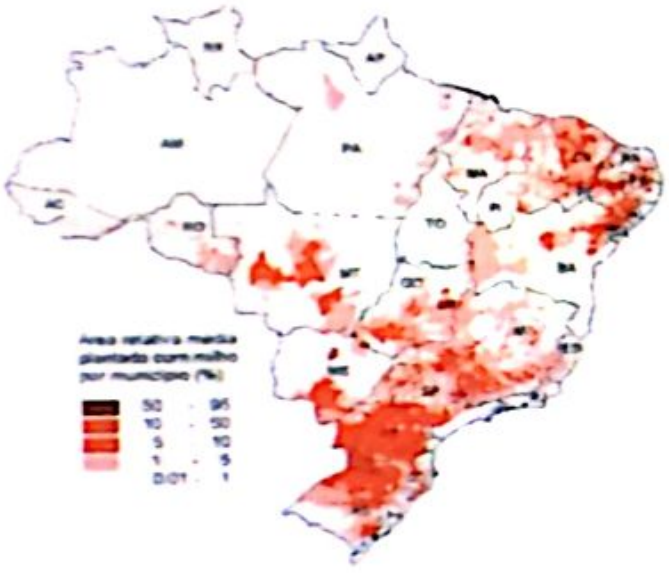
[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Monsanto. E-mail: pedro.morais@monsanto.com
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S. e Doutorando da USP/ESALQ. E-mail: italo.granato@gmail.com
[3] Engenheiro-Agrônomo, M.S. D.S. e Professor da USP/ESALQ. E-mail: roberto.neto@usp.br

Digitalizado com CamScanner

hectares, ou seja, 15% da área total cultivada com a espécie no país (GOMES et al., 2006).



(A)



(B)

Figura 10.1 - Áreas de produção de leite (A) e de plantio de milho (B) no território brasileiro.

Fonte: PIONEER, 2013

Entre as diversas espécies recomendadas para se fazer silagem, o milho é tradicionalmente a mais utilizada, devido à boa composição bromatológica (DEMINICIS et al., 2009), por exemplo: i)

Digitalizado com CamScanner

teor de matéria seca (MS) entre 30% e 35%; *ii*) mínimo de 3% de carboidratos solúveis na matéria original; *iii*) baixo poder-tampão; e *iv*) boa fermentação microbiana. Além desses, outros aspectos são importantes para a preferência do uso da silagem de milho (VILELA et al., 1996), pois essa permite: *i*) manter maior número de animais ou unidades animais por unidade de terra; *ii*) manter ou maximizar a produção leiteira ou de corte, principalmente durante os períodos de escassez de alimentos; *iii*) por meio de confinamento, ofertar animais bem nutridos em épocas de melhor preço; *iv*) armazenar grande quantidade de alimento em pouco espaço; *v*) maximizar os rendimentos e custos compatíveis, principalmente para pequenas propriedades agropecuárias; *vi*) obter volumoso de alto valor nutritivo e de produção econômica viável; *vii*) suplementar na época das secas ou geadas, principalmente em regiões de inverno rigoroso ou naquelas extremamente secas; *viii*) garantir o fornecimento a animais em confinamento e estabulados o ano todo; *ix*) ofertar aos animais alimento de bom valor energético e com níveis medianos de proteína, *xi*) garantir a produção quando se trabalha com animais de alta exigência e produtividade; e *x*) conservar o alimento por longo período, desde que armazenado de forma correta.

A fim de garantir um produto final de qualidade e em quantidade suficiente para ser fornecido aos animas, é essencial o planejamento dentro e fora da lavoura. Com isso, fatores que vão desde a escolha de cultivares, passando pelo manejo de solo, estação de plantio, adubação, controle de pragas e doenças, até chegar à colheita das plantas de milho e preparo da silagem, irão influenciar significativamente nos resultados. Assim, o objetivo desse capítulo é apresentar de forma sintetizada os principais aspectos envolvidos no cultivo do milho silagem.

A escolha do cultivar

Ao escolher um cultivar de milho para produção de silagem devem ser consideradas tanto as características agronômicas como as bromatológicas (GOMES et al., 2006). As principais características de um bom cultivar de milho para silagem são apresentadas na Tabela 10.1.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 10.1 - Características agronômicas desejadas em cultivares de milho para produção de silagem

Características agronômicas	
Número de folhas secas por planta na colheita	< 5
Altura de espiga (m)	0,8 - 1,2
Altura de planta (m)	1,9 - 2,6
Produção de matéria verde (t ha^{-1})	> 55
Produção de matéria seca (t ha^{-1})	> 18
Produção de grãos (t ha^{-1})	> 7
Taxa de secagem da planta (% dia)	< 0,5
Janela de colheita (dias)	> 10
Constituintes físicos estruturais da planta (% na MS)	
Colmo	< 25
Folhas	> 15
Brácteas mais sabugo	< 25
Grãos	> 35
Composição química da silagem	
Matéria seca (%)	30 - 35
Proteína bruta (% MS)	7 - 10
Amido (% MS)	> 30
Nutrientes digestíveis totais (%)	> 70
Fibra em detergente ácido (% MS)	< 30
Fibra em detergente neutro (% MS)	< 52
Extrato etéreo (% MS)	2 - 5

Fonte: Adaptado de NEUMANN, 2011.

De modo geral, cultivares com grãos dentados apresentam melhores características para a produção de silagem em relação aos de grãos duros (Tabela 10.2). Entretanto, no Brasil, há predominância de cultivares de grãos semiduros (54%) e duros (25%) no mercado

Digitalizado com CamScanner

nacional de sementes. Isso ocorre por diversas razões, já apresentadas com maiores detalhes no Capítulo 6, Cultivares.

Tabela 10.2 - Proporção das partes da planta (%) com relação à matéria seca total em cultivares de tipos de grãos dentado e duro

Parte de planta	Dentado	Duro
Grão	33	42
Sabugo	8	9
Folha	22	19
Caule	29	24
Palha	8	6

O tipo de cultivar é outro fator importante a ser observado, pois é necessário que haja bom balanço entre produção de massa verde e de grãos. Portanto, nem o uso de variedades de polinização aberta (VPA) ou de híbridos simples tem-se adequado de maneira satisfatória para a produção de silagem. Isso se deve à arquitetura e ao potencial produtivo desses materiais. Já os híbridos duplos e triplos têm sido os preferidos pelos produtores, pois apresentam o "balanço ideal" entre os diversos aspectos a serem considerados para a produção de silagem em quantidade, qualidade e a um custo baixo. Os efeitos dos tipos de cultivares de milho usados na produção de silagem podem ser visualizados na Tabela 10.3.

Em relação ao ciclo, o ideal é utilizar cultivares de longo período de enchimento de grãos, para ampliar a janela de colheita do milho para a produção da silagem (CRUZ et al., 2010). Todavia, é importante ressaltar que cultivares com *stay green* aumentam o tempo de síntese de fotoassimilados ao longo do ciclo da cultura, mas, em geral, apresentam baixa eficiência de remobilização de nitrogênio, podendo comprometer o nível de proteína nos grãos e a qualidade da silagem.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 10.3 - Efeito dos tipos de cultivares na produção de silagem e suas variáveis

Tipo de cultivar	Custo de semente	Exigência de tecnologia	Estabilidade	Produção de massa verde (t ha^{-1})	Capacidade de produção de grãos	Grãos na matéria seca (%)	Qualidade de silagem	Custo silagem (R$/tonelada de massa verde)	Produção animal
-	Menor	Menor	Maior	-	Menor	-	Menor	Menor	Menor
Variedade	5º	5º	1º	45 – 55	5º	24 – 30	5º	5º	5º
Híbrido intervarietal	4º	4º	2º	45 – 55	4º	28 – 34	4º	4º	4º
Híbrido duplo	3º	3º	3º	45 – 55	3º	32 – 40	3º	3º	3º
Híbrido triplo	2º	º	4º	45 – 55	2º	34 – 44	2º	2º	2º
Híbrido simples	1º	1º	5º	34 - 45	1º	42 - 52	1º	1º	1º
-	Maior	Maior	Menor	-	Maior	-	Maior	Maior	Maior

Fonte: Adaptado de MIRANDA et al., 2002.

Digitalizado com CamScanner

Milho transgênico

Com a disponibilidade dos eventos transgênicos em milho no Brasil, ampliaram-se as possibilidades de manejo de ervas daninhas e, principalmente, o controle de pragas. Felizmente, a utilização de milho Bt ou RR® na produção de silagem não modifica os constituintes bromatológicos dessa, ou, ainda, a composição do leite (IPHARRAGUERRE et al., 2003). Mesmo quando há ação tóxica sobre os insetos-praga, a tecnologia Bt não apresenta patogenicidade sobre mamíferos, pois o modo de ação dessas endotoxinas depende de pH alcalino (8-10) para que elas sejam solubilizadas, condição não encontrada no intestino de mamíferos, que é ácido (ALMEIDA et al., 2011).

As tecnologias Bt e RR® nos cultivares para milho silagem têm sido, portanto, significativamente usadas nos últimos anos. Isto fica evidenciado pelos números da safra 2012/13, na qual, dos 215 cultivares recomendados para silagem de planta inteira ou silagem de grão úmido, 71 (33%) eram transgênicos.

Escolha da área de cultivo

A fertilidade, estrutura do solo e logística do processo de ensilagem são chaves na escolha da área. A logística refere-se ao processo de ensilagem, que engloba a colheita, o enchimento do silo, a compactação e a vedação. Segundo Novaes et al. (2004), a rapidez e a qualidade desses processos são pontos-chave na produção de silagens de qualidade. Escolher o local de cultivo próximo dos silos é o ideal, pois assim todas as operações podem ser realizadas mais rapidamente e com maior precisão. Para facilitar a mecanização, é necessário avaliar a declividade do local, uma vez que áreas mais inclinadas tendem a dificultar os tratos culturais mecanizados, principalmente a colheita, além de essas áreas serem mais suscetíveis à erosão. Se possível, a área deve apresentar solos férteis, profundos, soltos e de boa permeabilidade à água e ao ar.

Digitalizado com CamScanner

Adubação

No processo de produção da silagem, toda a parte vegetativa é removida, promovendo alta extração e exportação dos nutrientes. Assim, áreas utilizadas para produção de silagem podem apresentar maiores problemas de fertilidade em relação às empregadas na produção de grãos, principalmente se houver cultivos ininterruptos para produção de silagem sem a realização de um manejo adequado do solo e adubação.

Como descrito por Coelho et al. (2012), no que se refere à exportação dos nutrientes, o fósforo é quase todo translocado para os grãos (77% a 86%), seguido de nitrogênio (70% a 77%), enxofre (60%), magnésio (47% a 69%), potássio (26% a 43%) e cálcio (3% a 7%). A retirada da parte vegetativa da área também compromete a quantidade e qualidade da matéria orgânica do solo e sua estrutura física, pois reduz a fertilidade natural e favorece o surgimento de erosões. Quanto ao sistema de produção de grãos, há perda significativamente maior de alguns nutrientes do solo. Assim, a rotação de culturas em áreas de milho para produção de silagem ajuda a amenizar esses problemas, melhorando as estruturas física, química e biológica do solo.

Quanto à época de adubação, as recomendações são semelhantes às da produção de grãos. No entanto, em relação às doses a serem aplicadas, essas são de 30% a 50% superiores às utilizadas para a produção de grãos, visando compensar a maior exportação de nutrientes ora descrita. Além disso, para silagem, existem regras diferentes de correções e adubações, por exemplo, deve-se elevar a saturação de bases (V%) para 70% e o potássio para 5% da CTC (Capacidade de Troca Catiônica) do solo (CRUZ et al., 2010).

Época de plantio

A época de plantio é um fator estratégico para o alto rendimento na produção de silagem. Os plantios na Região Sudeste, Centro-Oeste e Sul poderão ser realizados desde a segunda quinzena de setembro até o final da primeira quinzena de novembro, com a melhor época de plantio na metade do mês de outubro. Após 15 de

Digitalizado com CamScanner

outubro, quanto mais tarde ocorrer o plantio, maior será a perda na produção de grãos e, consequentemente, menor a qualidade da silagem (MIRANDA et al., 2002). De modo geral, observa-se que plantios tardios acarretam (Tabela 10.4): *i*) menor porcentagem de grãos; *ii*) menor quantidade de matéria seca; *iii*) menor porcentagem de espigas viáveis; *iv*) maiores porcentagens de colmos na silagem (aumento dos teores de fibra); *v*) plantas estioladas; *vi*) falhas de polinização; *vii*) maior presença de ervas daninhas, pragas e doenças pelas altas temperaturas com umidade; *viii*) requeima; e *ix*) alta possibilidade de seca no florescimento ou no enchimento dos grãos.

Tabela 10.4 - Influência da época de semeadura na produção de matéria seca e composição da planta de milho visando à produção de silagem

Caractere	Época de plantio				
	20/09	05/10	20/10	05/11	20/11
Matéria verde (t ha^{-1})	34,9	48,4	51,0	60,0	57,5
Matéria seca (t ha^{-1})	16,1	17,4	16,2	14,2	12,8
Colmo (%)	25,0	22,0	24,3	32,5	34,6
Folha (%)	20,8	15,8	16,3	21,6	24,7
Espigas (%)	54,4	62,2	59,2	46,0	40,1
Grãos (kg ha^{-1})	7,5	9.7	9,2	7,3	7,3
Altura planta (m)	1,7	2,3	2,5	2,9	3,0
Altura espiga (m)	1,1	1,2	1,3	1,6	1,6
Acamamento (%)	1,5	4,5	1,7	11,8	33,3

Fonte: Adaptado de NUSSIO, 1992.

Em caso de plantios de silagem consecutivos na primeira e segunda safras de milho, o ideal é que a época de plantio ocorra na primeira quinzena de setembro, devendo esse ser irrigado até o período de chuvas. Isso permitirá o plantio da segunda safra entre o final de janeiro e o início de fevereiro. Dessa forma, a cultura estará dentro da faixa dos períodos chuvosos, propiciando bom crescimento

Digitalizado com CamScanner

e desenvolvimento das plantas e, consequentemente, maior produção de MS e de grãos (MIRANDA et al., 2002).

Manejo de pragas e doenças

Nos últimos anos, diversas doenças tornaram-se importantes na cultura do milho. Entre essas, merecem destaque a mancha-branca, a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*), a ferrugem polissora (*Puccinia polysora Underw.*), a ferrugem tropical (*Physopella zeae*) e os grãos ardidos (*Stenocarpela maydis*, *Stenocarpela macrospora*, *Fusarium moniliforme*, *F. subglutinans* e *Gibberella zeae*).

As doenças foliares caracterizam-se por lesões nas folhas, que se iniciam pequenas e podem levar à necrose de todo o tecido foliar. Com as lesões se espalhando pela área foliar há redução na atividade fotossintética, o que afeta a produtividade e o teor de matéria seca. Adesogan et al. (2009) avaliaram a produção de silagem em um cultivo de milho infestado com ferrugem causada pela *Puccinia polysora*. Os autores observaram que a concentração de MS e fibras aumentou com o nível de infestação do patógeno. Entretanto, houve redução na digestibilidade e no valor nutritivo da silagem, além de terem sido detectadas micotoxinas.

O manejo de doenças e pragas na produção de milho para silagem é similar ao utilizado para a produção de grãos, sendo a principal medida de controle de doenças o emprego de cultivares resistentes (SILVA; MORO, 2004). Outras medidas recomendadas são (COSTA et al., 2012): *i)* realizar o plantio em época adequada, de modo que os períodos críticos para a cultura não coincidam com condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença; *ii)* utilizar sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas; *iii)* utilizar rotação com culturas não suscetíveis; *iv)* realizar rotação de cultivares; e *v)* manejar adequadamente a lavoura – adubação equilibrada (N e K), população de plantas adequada, controle de pragas e de invasoras e colheita na época correta.

Digitalizado com CamScanner

Colheita

Tipos de silagem

Antes da colheita, é necessário estabelecer o tipo de silagem que deseja fazer com o cultivar. Essa decisão norteará o manejo feito durante a colheita das plantas. Existem três tipos de silagem (NOVAES et al., 2004):

i) *Silagem de planta inteira:* forma mais conhecida e usada para o milho. É feita cortando toda a planta desde a base para, posteriormente, ser compactada e vedada no silo.

ii) *Silagem da parte superior:* a planta é cortada da espiga para cima, com o objetivo de obter menores teores de fibra e, consequentemente, maior digestibilidade. A compactação e a vedação são realizadas por esse método.

iii) *Silagem de grão úmido:* silagem feita apenas com os grãos do milho. Ocorre quando os grãos estão entre 35% e 40% de umidade. É realizada com o auxílio de colheitadeiras convencionais, com posterior trituração dos grãos em moinhos adaptados, compactação desses e vedação em silos construídos em locais abertos.

Ponto de colheita

O ponto de colheita das plantas de milho para a confecção de silagem é outro importante fator que deve se basear em pontos técnicos bem definidos, isso porque afeta diretamente a produção de forragem por área, qualidade e consumo de silagem obtida que, por sua vez, determinam os níveis de produtividade a serem alcançados e, consequentemente, os resultados econômicos em determinado sistema de produção animal (CAETANO, 2001).

A recomendação geral é de que o milho seja colhido com 30% a 35% de MS (NUSSIO et al., 2001), isto é, na transição dos estádios fenológicos R3 para R4, aproximadamente 30 a 35 dias após o florescimento (DEMINICIS et al., 2009). Todavia, se os teores de MS estiverem entre 40% e 45%, é recomendável que a forragem seja picada em partículas menores, a fim de se conseguir melhor

Digitalizado com CamScanner

compactação (PEREIRA; REIS, 2001). Já teores abaixo de 30% de MS estão relacionados com menor produção, perdas de MS por lixiviação, baixa qualidade da silagem e redução no consumo por animais (LAUER, 1999).

No estádio R3/R4 a consistência dos grãos de milho está variando entre o estádio pastoso e o farináceo duro, o que corresponde à visualização da linha de leite entre 1/3 e 2/3, respectivamente (NUSSIO; MANZANO, 1999) (Figura 10.2).

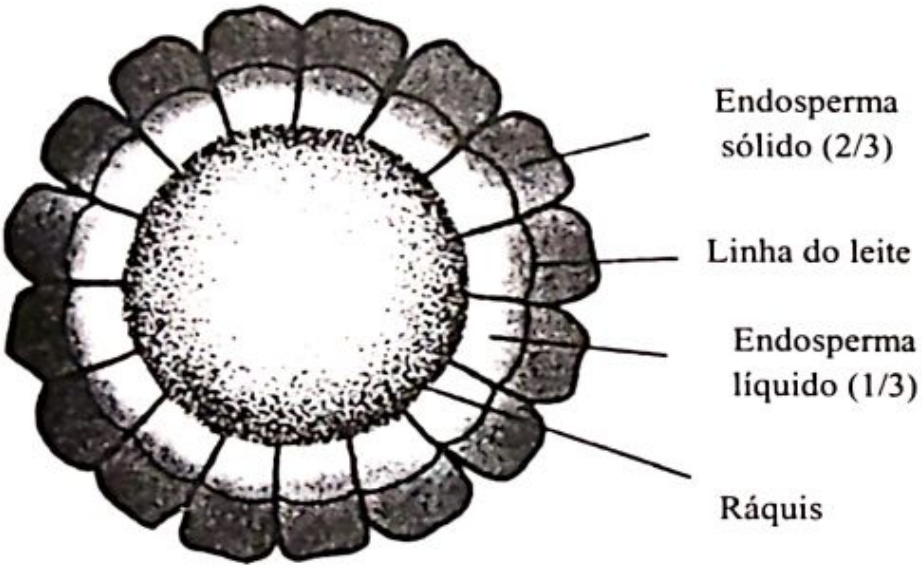


Figura 10.2 - Ponto de colheita da silagem de milho visto por meio da formação da linha do leite no grão.

Fonte: Adaptado de BATES, 1998.

Segundo Nussio (2001), o estádio fenológico ideal de colheita do milho para silagem deverá conciliar (Tabelas 10.5, 10.6 e 10.7): *i*) maior acúmulo líquido de biomassa, tanto de grãos como da planta toda; *ii*) maior porcentagem de grãos/espigas, resultando na diluição da porção de nutrientes digestíveis totais (FDN) por amido, mantendo os nutrientes digestíveis totais (NDT) inalterados; *iii*) maior teor de MS, de modo a favorecer o processo fermentativo; e *iv*) maior consumo potencial pelos animais.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 10.5 - Potencial de produção e a umidade da planta (%) conforme o estádio de maturação

Estádio	Potencial de produção		Umidade (%)	
	Grãos	Planta	Grãos	Planta
Florescimento	-	55	-	85
Formação de grão	10	60	85	80
Leitoso	50	75	60	75
Dente	75	85	50	70
½ linha de leite	95	100	40	65
Grão duro	100	100	25	55

Fonte: Adaptado de MAHANNA, 1996.

Tabela 10.6 - Produtividade e potencial de produção de plantas de milho em diferentes estádios de maturação

Estádio	Produção de forragem				Consumo
	MS (%)	MS (t ha^{-1})	MO (t ha^{-1})	Espigas (%)	Farináceo-duro (%)
Leitoso	21	9,3	43,8	30	74
Pastoso	25	9,3	37,5	40	89
Farináceo	26	9,8	37,0	41	90
Farináceo-duro	25	10,8	30,8	57	100
Duro	38	9,5	25,0	56	98

MS: Matéria Seca; MO: Matéria Orgânica.
Fonte: Adaptado de MCCULLOUGH, 1970.

Tabela 10.7 - Características morfológicas e bromatológicas de plantas de milho em diferentes estádios de maturação

Estádio	MS (%)	Espigas na MS (%)	NDT (% MS)
Duro	54,4	64,9	61,0
Duro-vítreo	46,8	62,1	70,0
Farináceo	31,9	58,3	67,0
Farináceo-duro	37,5	65,4	68,0
Leitoso-farináceo	26,1	42,8	69,0
Pré-leitoso	22,4	25,1	70,0

FDN: Nutrientes Digestíveis Totais; MS: Matéria Seca.
Fonte: Adaptado de DAYNARD; HUNTER, 1975.

Digitalizado com CamScanner

Altura de corte

A altura em que o corte é feito na planta de milho também afeta a produtividade e a qualidade da silagem. O aumento da altura de corte via regulagem na ensiladeira proporciona somente a colheita da porção superior da planta de milho, resultando em silagem com maior participação de grãos na matéria seca (NEUMANN et al., 2007). Com isso, há redução no teor de MS, o que melhora a qualidade da forragem em decorrência da parte mais fibrosa e menos digestível não ter sido colhida, a qual está concentrada na região basal da planta. Entretanto, há redução na produtividade de forragem. Essas relações entre altura de corte e MS, componentes bromatológicos e de produtividade podem ser visualizadas na Tabela 10.8.

Tabela 10.8 - Produtividade da lavoura e qualidade nutricional da silagem em diferentes alturas de corte

Variável	Altura de corte (cm)		
	0	50	100
MS (kg ha^{-1})	25,6	22,1	16,5
NDT (%)	71,0	71,6	75,8
Leite (kg ha^{-1})	38,4	33,2	27,3
Carne (kg ha^{-1})	3,81	3,3	2,9

Fonte: Adaptado de VASCONCELOS et al., 2005.

Tamanho de partículas

Por fim, mas não menos importante, o tamanho adequado de partículas é outro fator que não deve ser negligenciado na hora da colheita, pois seu tamanho influencia no aproveitamento da silagem pelos animais. Partículas muito grandes reduzem a capacidade de transporte das carretas e caminhões, dificultam a compactação, deixam maior quantidade de oxigênio dentro do silo, o que resulta em perdas de qualidade da forragem reduzindo sua capacidade de armazenagem. Além disso, a regulagem da máquina para tamanhos grandes diminui a quebra dos grãos, reduzindo assim a digestibilidade

Digitalizado com CamScanner

do amido (FUNDAÇÃO ABC, 2011). A silagem mal picada também permite que os animais selecionem os alimentos no cocho, resultando em maior consumo de concentrado em relação ao volumoso. Isso pode ocasionar queda de produção de leite, do teor de gordura e ainda causar acidose e seus efeitos, como torção de abomaso.

O menor tamanho da partícula facilita o processo de ensilagem, uma vez que permite maior densidade de transporte do material colhido até o local de armazenamento, como também aumenta a eficiência do processo de compactação e permite melhor fermentação anaeróbica (NEUMANN et al., 2007). Entretanto, partículas muito finas proporcionam menor digestibilidade da silagem devido à alta taxa de passagem pelo rúmen, não havendo tempo suficiente para ataque das bactérias sobre a forragem (FUNDAÇÃO ABC, 2011).

De maneira geral, não se deve ter apenas um único tamanho de partículas na silagem. Recomenda-se que os grãos sejam moídos com menor tamanho possível, enquanto as folhas e os colmos devem ter certa quantidade de partículas maiores que 19 mm para promover efetividade física no rúmen. Os valores da distribuição ideal das partículas para silagem de milho são esboçados na Tabela 10.9, os quais são obtidos pelo meio separador de partículas de forragem *Penn State* (Figura 10.3).

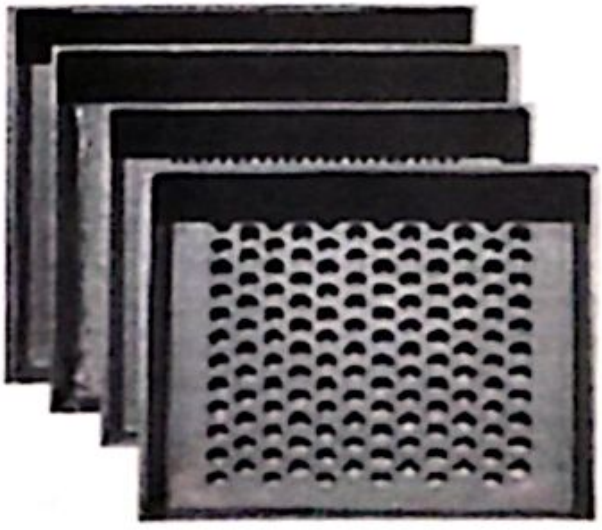


Figura 10.3 - Separador de partículas de forragem *Penn State* (University of Pennington-USA).

Fonte: PIONEER, 2013.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 10.9 - Distribuição e tamanho das partículas (mm) para silagem de milho

Peneira	Tamanho (mm)	Silagem milho (%)	Pré-secado (%)	Dieta total (%)
1	>19,1	3 – 8	10 – 20	2 – 8
2	8,1 – 19,0	45 – 65	45 – 75	30 – 50
3	1,9 – 8,0	30 – 40	20 – 30	30 – 50
4	< 1,8	< 5	< 5	< 20

Fonte: Adaptado de PIONEER, 2013.

Considerações finais

A produção de silagem de milho é muito mais complexa do que parece. São tantos detalhes envolvidos, do plantio à colheita, até se chegar ao produto final, que é impossível abordar tudo neste capítulo. Assim, este material deve ser visto apenas como ponto de partida para o entendimento do assunto. Além disso, recomenda-se que o profissional sempre busque as melhores soluções para os problemas específicos de cada propriedade, pois soluções gerais conduzem a rendimentos medianos.

Referências

ADESOGAN, A.T.; QUEIROZ, O.C.M.; KIM, S.C. **Effecto frust infestation on silage quality. In: International Silage Conference**. 15. ed. Madison: USDA, 2009. p. 303-304.

ALMEIDA, G.D.; ANDRADE, G.S.; SOBREIRA, F.M.; VALICENTE, F.H. Plantas geneticamente modificadas no manejo integrado de pragas. In: BORÉM, A. (Ed.) **Plantas geneticamente modificadas nos trópicos**: desafios e oportunidades Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011. 532 p.

BATES, G. **Corn silage**. Tennessee: Agricultural Extension Service/the University of Tennessee, 1998. 8 p.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001. 178 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2001.

Digitalizado com CamScanner

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E.; PITTA, G.V.E.; ALVES, V.M.C.; HERNANI, L.C. **Fertilidade de solos – Embrapa Milho e Sorgo**. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_5_ed/feraduba.htm>. Acesso em: 17 Out. 2013.

COSTA, R.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D. **Doenças**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_8ed/doencas.htm#001>. Acesso em: 17 Out. 2013.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; NETO, M.M.G. **Milho para silagem**. Hipertexto. Embrapa – Brasília. 2010. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>. Acesso em: 2 Out. 2013.

DAYNARD, T.B.; HUNTER, R.B. Relationship among whole plant moisture, grain moisture, dry matter yield and quality of whole plant corn silage. **Canadian Journal Plant Science**, v. 55, p. 77-85, 1975.

DEMINICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; JARDIM, J.G.; ARAÚJO, S.A. DO C.; NETO, A.C.; OLIVEIRA, V.C.; LIMA, E. da S. Silagem de milho – Características agronômicas e considerações. **Revista Electrónica de Veterinária**, v. 10, n. 7, 2009.

FUNDAÇÃO ABC. **Tamanho de partículas em silagem de milho**. 2011. Texto on-line. Disponível em: <http://www.fundacaoabc.org.br/forragicultura/banco_forragens/Tamanho_Particulas_Silagem.pdf>. Acesso em: 2 Out. 2013

GOMES, M.S.; VON PINHO, R.G.; RAMALHO, M.A.P.; FURTADO, D.F. Alternativas para seleção de híbridos de milho envolvendo vários caracteres visando à produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 3, p. 406-421, 2006.

IPHARRAQUERRE, I.R.; YOUNKER, R.S.; CLARK, J.C. et al. Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate-tolerant hybrid (event NK603). **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1734-1741, 2003.

LAUER, J. **Kernel Milkline**: how should we use it for harvesting silage? Agronomy Advice. 1999. Disponível em: <http://corn.agronomy.wisc.edu>. Acesso em: 1º Out. 2013.

MAHANNA, W. **Corn management and breeding the TMR plant**. Pioneer Hi-Bred International. 1996. Disponível em: <http://www.pioneer.com/usa/products and technology/nutrition>. Acesso em: 3 Out. 2013.

McCULLOUGH, M.E. **Silage research at georgia station**. University of Georgia – College of Agriculture Experiment Stations, 1970. 46 p. (Research Report, 75).

MELLO, R.; NÖRNBERG, J.L.; ROCHA, M.G.; DAVID, D.B. Características produtivas e qualitativas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 1, p. 79-94, 2005.

MIRANDA, J.E.C.; RESENDE, H.; VALENTE, J.O. **Plantio de milho para silagem** Belo Horizonte: Embrapa, 2002. 8 p. **(Comunicado técnico, n. 27)**.

Digitalizado com CamScanner

NEUMANN, M. **Parâmetros para análise de qualidade da silagem**. 2011. Disponível em: <http://www.iepec.com/curso/listarCapituloPopUp&idCurso=58&idCapitulo=407>. Acesso em: 2 Out. 2013.

NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P.R.F.; NÖRNBERG, J.L.; OST, P.R.; LUSTOSA, S.B.C. Efeito do tamanho de partícula e da altura de corte de plantas de milho na dinâmica do processo fermentativo da silagem e no período de ensilagem. **Rev. Bras. Zootecnia**, v. 36, p. 1603-1613, 2007. Suplemento.

NOVAES, L.P.; LOPES, F.C.F.; CARNEIRO, J.C. ***Silagens**: oportunidades e pontos críticos. Juiz de Fora, MG:* Embrapa Gado de Leite, 2004. (Comunicado Técnico, 43).

NUSSIO, L.G. Produção de silagem de alta qualidade. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., 1992, Porto Alegre. **Conferências...** Porto Alegre, RS: SAA/SCT/ABMS/Emater-RS/Embrapa-CNPMS, 1992. p. 155-175.

NUSSIO, L.G.; CAMPOS, F.P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. Maringá, PR: 2001. **Anais...** Maringá, PR: UEM/CCA/DZO, 2001. v. 1, p. 127-145.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho, In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS: ALIMENTAÇÃO SUPLEMENTAR, 1., 1999, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ. 1999. p. 27-46.

PEREIRA, J.R.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais In: JOBIM, C.C.; CECATO, U. DAMASCENO, J.C.; SANTOS, G.T. (Ed.). SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS. **Anais...** Maringá, PR: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 64-86.

PIONEER. **Nutrição animal**: o mercado de silagem de milho no Brasil. 2013. 36 p. (Informativo Pioneer).

SILVA, H.P.D.; MORO, J.R. Diallel analysis of maize resistance to *Phaeosphaeriamaydis*. **Scientia Agricola**, v. 61, p. 36-42, 2004.

VASCONCELOS, R.C.; VON PINHO, R.G.; REZENDE, A.V.; PEREIRA, M.N.; BRITO, A.H. Efeito da altura de corte das plantas na produtividade de matéria seca e em características bromatológicas da forragem de milho. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 6, p. 1139-1145, 2005.

VILELA, D.; RESENDE, I.C.; ASSIS, A.G. de. Sistemas de conservação de forragem pela ensilagem: avaliação nutricional e econômica. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 195-209, 1996.

Digitalizado com CamScanner

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS 11

Antônio Alberto da Silva[1], *Leonardo D'Antonino*[2], *Alexandre Ferreira da Silva*[3] e *Leandro Vargas*[4]

O milho é uma das principais fontes de alimento para animais, principalmente suínos e aves. Além disso, pode ser utilizado diretamente na alimentação humana e como matéria-prima para diversos produtos industriais. Atualmente, este cereal é produzido em todas as regiões do País, sendo o Brasil o terceiro maior produtor mundial com, aproximadamente, 15 milhões de hectares cultivados (CONAB, 2013). Apesar de essa cultura estar adaptada às diferentes regiões do Brasil e possuir grande potencial produtivo, o seu rendimento médio ainda é baixo, de 4.000 a 5.000 kg ha^{-1}. A falta de assistência técnica aos produtores e a baixa adoção das tecnologias disponíveis podem ser consideradas as principais causas.

Entre os componentes do custo de produção do milho, os gastos com o controle das plantas daninhas se destacam, pois não podem ser evitados pelos produtores, tendo em vista que o controle inadequado da comunidade infestante é um dos principais fatores relacionados à baixa produtividade dessa cultura. Nela, as perdas de rendimento devido à interferência de plantas daninhas podem ser de

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: aasilva@ufv.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Professor da Universidade Federal de Viçosa. E-mail: leonardo@ufv.br
[3] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa. E-mail: alexandre.ferreira@embrapa.br
[4] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa. E-mail: leandro.vargas@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

10% a mais de 80%. O grau de interferência irá variar de acordo com a cultura (cultivar, espaçamento, densidade), da comunidade infestante (espécies, distribuição e densidade), as condições de solo e clima, além do período de convivência. O manejo inadequado da comunidade infestante pode afetar negativamente o lucro dos produtores, independentemente do tamanho da sua propriedade, devido à competição com as culturas por água, nutrientes, luz, espaço e CO_2, pois reduz o rendimento da cultura e aumenta os custos de produção.

Além desses prejuízos, as plantas daninhas podem reduzir a qualidade dos grãos, provocar maturação desuniforme, ocasionar perdas e dificuldades na operação da colheita, servir de hospedeiras para pragas e doenças. Podem, também, liberar substâncias prejudiciais ao desenvolvimento das culturas. Nos ecossistemas agrícolas, as plantas daninhas levam vantagem competitiva sobre as espécies cultivadas. pois o melhoramento genético das culturas objetiva obter acréscimo na produtividade econômica, e isso quase sempre é acompanhado por decréscimo no potencial competitivo das culturas (PITELLI, 1985).

Um exemplo são as espécies gramíneas, que, por apresentarem sistema radicular semelhante ao do milho, possuem maior capacidade de causar dano a esta cultura que outras espécies, devido à competição, em condições favoráveis ao desenvolvimento desse grupo de plantas. Assim, o controle das plantas daninhas consiste em suprimir o crescimento e, ou, reduzir o número de plantas por área, até níveis aceitáveis para convivência entre as espécies envolvidas, sem prejuízos. Cabe aos produtores utilizar os métodos de controle e as práticas culturais, de forma a aumentar as chances de a cultura superar as plantas daninhas na competição pelos recursos.

Os métodos de controle da comunidade infestante são: preventivo, cultural, mecânico, químico e biológico. O método químico é, atualmente, a alternativa de controle mais utilizada pelos produtores, porém é importante salientar que o controle cultural deve ser visto como o principal. O uso de medidas culturais, além de favorecer o crescimento da cultura e reduzir a interferência das plantas daninhas, na maioria das vezes não onera os custos de produção, podendo até mesmo reduzi-los.

Digitalizado com CamScanner

Capacidade competitiva do milho

A cultura do milho não confere boa cobertura do solo, principalmente nos estádios iniciais do seu desenvolvimento; assim, as plantas daninhas que se desenvolvem entre suas fileiras recebem luz e crescem com maior facilidade que em culturas que exibem alta cobertura do solo, como a soja. Deve-se explorar ao máximo a capacidade competitiva da cultura sobre as espécies infestantes. Práticas culturais adequadas que favoreçam o estabelecimento da cultura podem proporcionar maior cobertura do solo pela cultura e, consequentemente, maior vantagem na competição com as plantas daninhas. Nos estádios iniciais de desenvolvimento, enquanto as plantas daninhas alcançam até 20% do seu crescimento total, a cultura do milho não atinge 5%. Em consequência, muitas vezes, a comunidade infestante deve ser controlada o mais cedo possível, devido à agressividade de algumas espécies daninhas que comprometem o rendimento da cultura.

Em algumas épocas de cultivo e regiões do Brasil, a água é um recurso escasso, e espécies daninhas altamente eficientes no seu uso podem limitar a produção, reduzindo severamente a produtividade. A falta de água limita o crescimento da parte aérea e do sistema radicular da planta, além de reduzir a sua eficiência fotossintética. Desse modo, a competição do milho com espécies de plantas daninhas com alta eficiência na absorção de água do solo, onde este recurso é escasso, tem grande importância em situações de deficiência hídrica. Isto pode ocorrer mesmo sendo a planta de milho considerada eficiente no uso da água, por apresentar rota fotossintética C_4. Por essa razão, ela poderá levar vantagem sobre aquelas com rota fotossintética C_3 (menos eficientes no uso da água), mas não sobre aquelas espécies C_3 com alta eficiência em absorver água do solo como a *Bidens pilosa* (PROCÓPIO et al., 2004), porque a ocorrência de plantas daninhas na área irá reduzir a disponibilidade de água no solo, tendo como consequência aumento da resistência estomática e menor concentração de CO_2 no mesófilo foliar em boa parte do dia. Dessa forma, a competição por água entre a cultura e as plantas daninhas pode causar significativa redução do rendimento, principalmente quando estas possuem alta agressividade na competição por esse recurso.

Digitalizado com CamScanner

A competição por nutrientes é outro fator importante, pois algumas plantas daninhas são mais eficientes que o milho na absorção desses elementos. O uso da adubação para superar a competição por nutrientes pode ser eficiente em alguns casos e agravar o problema em outros. Adubações pesadas tendem a acelerar o crescimento tanto das plantas daninhas quanto da cultura; na verdade, a competição será intensificada e a espécie que utilizar melhor os nutrientes irá se sobressair (FLECK, 1992).

A competição por luz é outro fator que pode afetar de modo significativo a produtividade do milho. Isto ocorre principalmente quando a lavoura é infestada por espécies daninhas com rápido crescimento inicial e causam o sombreamento nas plantas de milho. O milho, por apresentar metabolismo C_4, que se caracteriza por possuir maior demanda energética e ponto de compensação luminoso mais elevado, tem o seu crescimento afetado negativamente em condições de baixa incidência luminosa. Dessa forma, quando a cultura apresenta crescimento inicial mais lento que a comunidade infestante, o seu rendimento final tende a ser comprometido devido ao sombreamento imposto pelas plantas daninhas. Em virtude do elevado ponto de compensação luminoso e da melhor adaptação a altas temperaturas, a cultura apresenta excelente adaptação às condições tropicais. Contudo, as plantas daninhas que apresentam a mesma rota fotossintética, em condições favoráveis ao desenvolvimento do milho, tendem a competir fortemente com a cultura nesse ambiente, principalmente quando ocorrem em alta densidade na área e germinam juntamente com o milho.

Período crítico de prevenção à interferência

Período Crítico de Prevenção à Interferência (PCPI) é aquele a partir do plantio ou da emergência, quando as plantas daninhas devem ser controladas com eficiência para evitar perda quantitativa e, ou, qualitativa da produção. O período crítico de competição da cultura do milho, em condições normais, varia dos 20 aos 60 dias após a emergência, que, em número de folhas da planta, corresponde ao intervalo entre a terceira e a décima quarta folha.

Digitalizado com CamScanner

Pesquisas indicam que os maiores prejuízos são observados quando a competição ocorre entre 20 e 45 dias após a emergência. A competição anterior aos 20 dias após a emergência (plantas de milho com menos de três folhas) e 45 dias depois da emergência (plantas de milho com 14 folhas ou mais) é "tolerável", por não afetar o rendimento. No entanto, o PCPI pode variar de acordo com a comunidade infestante (composição específica, densidade e distribuição na área), a cultura (cultivar, espaçamento, densidade de semeadura) e as condições de solo e de clima de cada região. Por isso, são comuns na literatura resultados divergentes em relação ao início e à duração desse período. Dessa forma, a determinação do manejo da comunidade infestante por meio da fenologia da cultura é algo mais palpável para o produtor, pois a maioria dos tratos culturais é realizada de acordo com essa característica. É importante salientar que, mesmo após o PCPI, algumas espécies, daninhas como a corda-de-viola (*Ipomoea* spp.) e o fedegoso (*Senna* spp.), podem causar problemas consideráveis na colheita, por exemplo o embuchamento da máquina, aumentando as perdas na colheita.

Alelopatia

A alelopatia acontece quando um organismo libera substâncias químicas no ambiente, as quais afetam o crescimento e o desenvolvimento de outros indivíduos da mesma espécie ou não (SILVA; SILVA, 2007). Para a cultura do milho, é reconhecido o potencial alelopático negativo do capim-colchão (*Digitaria horizontalis*), tiririca (*Cyperus rotundus*), capim-arroz (*Echinocloa crusgalli*), samambaia (*Pteridium aquilinum*), capim rabo-de-raposa (*Setaria faberi*), sapé (*Imperata brasiliensis*) e aveia-preta (*Avena strigosa*), entre outras espécies (DEUBER, 1992).

Em algumas situações é comum o produtor confundir os sintomas de alelopatia com deficiência de nitrogênio em lavouras onde se adota o plantio direto. Este fato pode ser atribuído, principalmente, quando a cobertura morta é formada por espécies gramíneas. Esse grupo de plantas possui baixa relação C/N e o processo de mineralização da palhada imobiliza o nitrogênio do solo,

Digitalizado com CamScanner

que pode ocasionar sintomas de deficiência desse elemento na planta. Os sintomas de deficiência de N, geralmente, desaparecem quando se utiliza adubação nitrogenada na semeadura ou cobertura do milho, ao contrário dos sintomas de intoxicação ocasionados pela liberação de substâncias alelopáticas que podem perdurar mesmo após a adubação nitrogenada.

Controle das plantas daninhas

O controle de plantas daninhas consiste na adoção de práticas que resultam na redução da infestação, mas não necessariamente na completa eliminação ou erradicação. Para ser eficiente, muitas vezes necessita ser iniciado antes da instalação da cultura ou até mesmo na safra anterior.

Manejo das plantas daninhas antes da semeadura

O agricultor deve conhecer as plantas daninhas que infestam a área para embasar a escolha das práticas e, ou, dos herbicidas a serem empregados. Muitas estratégias podem ser adotadas para reduzir a sua infestação antes de implantar a cultura. Deve-se dar preferência ao uso de áreas livres ou com baixa infestação de plantas daninhas, ou, ainda, de áreas com espécies de fácil controle. Um bom preparo do solo elimina as plantas daninhas estabelecidas e torna o ambiente favorável ao recebimento das sementes da cultura e à aplicação de herbicidas usados em pré-plantio incorporado ou pré-emergência. O preparo do solo visa induzir a germinação das sementes e a emergência das plântulas, que poderão ser controladas pelo método mecânico ou químico com aplicação de herbicidas antes da semeadura da cultura. O uso da cobertura morta e da semeadura em época favorável proporcionará a germinação e o rápido estabelecimento da cultura, favorecendo assim o seu desenvolvimento em detrimento da comunidade infestante.

Digitalizado com CamScanner

Em áreas onde se adota o sistema plantio direto ou cultivo mínimo, é necessário que a dessecação anterior à semeadura do milho seja feita de maneira adequada, visando eliminar todas as plantas estabelecidas e proporcionar a formação da cobertura morta. Essa palhada exerce efeito físico sobre a população de plantas daninhas, pois favorece a passagem de luz e controla a temperatura e a umidade do solo, além de poder liberar substâncias alelopáticas, criando, assim, condições adversas para a germinação e o estabelecimento das plantas daninhas.

O espaço de tempo entre a dessecação da comunidade infestante ou das plantas de cobertura e a semeadura do milho vai depender do(s) herbicida(s) e da(s) dose(s) utilizada(s). Além disso, fatores como densidade das plantas daninhas e seu estádio de desenvolvimento, condições de solo e do clima de cada local e a quantidade de matéria seca produzida pelas plantas de cobertura devem ser considerados. Segundo Vargas et al. (2006), áreas infestadas por azevém requerem cuidados especiais, pois é comum encontrar lavouras de milho infestadas por esta espécie devido à má dessecação. O controle inadequado dessa espécie forrageira faz com que a cultura cresça, competindo com plantas adultas de azevém. O problema agrava-se ainda mais em razão da baixa eficiência de controle desta espécie, causada pelos herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do milho.

Plantas daninhas que se propagam vegetativamente, como a grama-seda (*Cynodon dactylon*) e o capim-massambará (*Sorghum halepense*), devem ser controladas antes da instalação da cultura do milho ou do preparo do solo. Os herbicidas aplicados nesta cultura em pré e pós-emergência não são eficientes para controlar essas espécies em estádios avançados de desenvolvimento. Herbicidas sistêmicos de amplo espectro de ação constituem eficiente alternativa para controlar essas espécies, devendo ser usados antes da semeadura do milho.

Digitalizado com CamScanner

Manejo das plantas daninhas após a semeadura

Depois da semeadura da cultura, o agricultor poderá utilizar herbicidas em pré-emergência, com a finalidade de garantir a emergência do milho livre da interferência das plantas daninhas desde a sua emergência. Entretanto, caso isso ocorra, sugere-se, após a emergência dessas invasoras, usar o controle mecânico, por meio de cultivadores, por exemplo, e, ou, o controle químico empregando herbicidas em pós-emergência.

O uso de cultivadores pode reduzir a infestação de plantas daninhas nas entrelinhas, mas não são eficientes no controle daquelas localizadas na linha da cultura. Além disso, os cultivadores podem provocar danos ao sistema radicular do milho, não devem ser usados em solo com alta umidade e são ineficientes no controle de plantas daninhas que se reproduzem vegetativamente. Quanto ao uso de herbicidas aplicados em pós-emergência, esta é uma alternativa eficiente para controlar as plantas infestantes e, também, podem ser empregados para corrigir falhas de outros métodos-controle. A escolha do herbicida e da dose a ser utilizada em pós-emergência dependerá das espécies infestantes na área, de sua densidade e do estádio de desenvolvimento das plantas daninhas e da cultura. O uso de misturas de herbicidas, apesar de não ser permitido por lei, é comum em algumas regiões. Nesses casos, deve-se dar atenção especial à seletividade das misturas à cultura e ao seu espectro de controle.

Monitoramento

O monitoramento das espécies daninhas na área e de suas proporções, além de auxiliar na escolha do método de controle, indica o comportamento das espécies naquele ambiente. Na maioria dos casos, proporciona economia na quantidade de herbicida(s) aplicado(s), o que significa redução considerável no custo do controle. Além disso, o monitoramento permite a identificação de plantas daninhas resistentes no início do processo, o que facilita o seu combate.

Digitalizado com CamScanner

Métodos de controle de plantas daninhas

Controle preventivo

No controle preventivo, o agricultor deve reduzir as possibilidades de introdução e multiplicação de propágulos de plantas daninhas na área. A prevenção engloba todas as medidas adotadas para prevenir a introdução e disseminação das plantas daninhas. Para isso, é indispensável conhecer as características reprodutivas e de disseminação das espécies infestantes.

Para colocar em prática o controle preventivo, o agricultor deverá usar sementes certificadas, evitar trânsito de animais de áreas infestadas para áreas livres de plantas daninhas, limpar cuidadosamente os equipamentos após trabalho em áreas com plantas daninhas indesejáveis e controlar essas espécies em canais e margens da lavoura e nos caminhos (SILVA; SILVA, 2007).

Controle cultural

O controle cultural consiste em usar qualquer condição ambiental ou procedimento que promova o rápido crescimento da cultura, favorecendo-a em relação às plantas daninhas. Nesse método de controle, usam-se principalmente as características da cultura para inibir o desenvolvimento das plantas infestantes. Dessa forma, o produtor deve adotar práticas culturais que favoreçam o rápido e vigoroso crescimento da cultura, visando suprimir o desenvolvimento das plantas daninhas.

Entre as medidas culturais adotadas que podem proporcionar vantagem competitiva à cultura, podem-se citar: uso de cultivares adaptados às condições de solo e clima da região; e espaçamento da cultura, densidade e época de semeadura, uso de cobertura morta, rotação de culturas e adubação balanceada. A adubação do solo, a profundidade e a época de semeadura devem ser favoráveis a uma rápida germinação das sementes e estabelecimento da cultura. O espaçamento entre linhas deve ser reduzido o máximo possível, para

Digitalizado com CamScanner

aumentar a cobertura da área e diminuir o espaço para as plantas daninhas.

A rotação de culturas é outra técnica que impede o aumento de determinada espécie, em razão da monocultura. Algumas espécies de plantas daninhas adaptam-se melhor a certas culturas; assim, se essa for cultivada anos seguidos, a tendência é de que as espécies daninhas se tornem predominantes na área. A rotação, além de criar diferentes dinâmicas competitivas na área, cria a oportunidade do uso de diferentes tipos de herbicida, colaborando no manejo da comunidade infestante na cultura do milho e em culturas subsequentes.

Controle mecânico

O controle mecânico das plantas daninhas, o método mais antigo usado pelo homem, consiste no uso de enxada, cultivadores e roçadeiras. Mesmo após a introdução dos herbicidas no mercado, o controle mecânico ainda é comum, principalmente em pequenas propriedades, onde a utilização do método químico de controle é limitado, devido à falta de equipamentos, mão de obra especializada, além da topografia do terreno. O método de controle mecânico é pouco utilizado em grandes propriedades, devido à necessidade de maior agilidade na operação e também por ser de baixa eficiência em períodos chuvosos ou em solo com elevada umidade. A alta umidade do solo favorece a "pega" das plantas daninhas, e, assim, o agricultor estará apenas trocando as plantas de lugar dentro da lavoura. Além disso, mesmo que a umidade do solo seja adequada para a realização do controle mecânico, o equipamento deve estar bem regulado, pois as plantas que não forem arrancadas e expostas à luz solar na superfície não serão controladas.

Antes de adotar o controle mecânico das plantas daninhas, o agricultor deve estar ciente da adequabilidade deste método para eliminar as mais problemáticas em sua lavoura. Para isso, é necessário conhecer algumas características da espécie daninha envolvida, como: capacidade de enraizamento, profundidade do sistema radicular, hábito de crescimento e tipo de reprodução. Essas características sinalizam qual é o equipamento adequado e como este deve ser operado; por exemplo, plantas daninhas, como a tiririca, o capim-

Digitalizado com CamScanner

massambará e a grama-seda, que se multiplicam através de estruturas vegetativas, como rizomas, tubérculos, bulbos e estolões, podem ter o seu número aumentado se o equipamento empregado fragmentá-las.

No caso de plantas anuais e bienais, o controle mecânico pode ser eficiente; já em plantas perenes, que desenvolvem sistema radicular profundo, é mais difícil o controle. É importante que o equipamento esteja bem regulado, para evitar possíveis danos às raízes da cultura.

Controle químico

O controle químico destaca-se como o principal método utilizado pela maioria dos produtores, pois apresenta algumas vantagens, entre elas: permite controlar plantas daninhas em época chuvosa, quando o controle mecânico é impraticável; não causa danos às raízes da cultura; não revolve o solo; controla as plantas daninhas na linha da cultura; e, principalmente, é de rápida operação. Porém, entre as desvantagens, podem-se citar a exigência de equipamentos adequados e a pouca capacitação de grande parte dos produtores quanto ao conhecimento dos herbicidas e da tecnologia de aplicação. Este fato resulta em aplicações incorretas, as quais ocasionam elevação dos custos, controle ineficiente, poluição do solo, da água, além da contaminação de pessoas. Desse modo, é de grande importância a capacitação dos produtores para o uso de herbicidas, pois o emprego dessa tecnologia é essencial para o manejo de plantas daninhas, principalmente em locais onde ocorrem altas infestações e o tempo disponível para controle é reduzido. Em grandes plantações de milho, a utilização de herbicidas associados ou não a outros métodos de controle normalmente é prática indispensável, devido à agilidade e eficiência desse método de controle em condições de solo úmido (Figura 11.1).

Digitalizado com CamScanner

Figura 11.1 - Lavoura de milho com manejo adequado de plantas daninhas.

Atualmente, o controle químico das plantas daninhas na cultura do milho pode ser feito em pré ou pós-emergência. O controle em pós-emergência, normalmente, tem menor custo e pode causar menor impacto ambiental. Isso é possível, pois quase sempre se pode reduzir a quantidade de herbicida inserida no ambiente por meio de um bom monitoramento da área. O número de herbicidas disponíveis para controle de plantas daninhas de folhas largas em pós-emergência é relativamente maior quando comparado com aqueles disponíveis para controle de folhas estreitas (MAPA, 2013). Em virtude do baixo espectro de ação dos herbicidas registrados para a cultura do milho, é comum os produtores realizarem a mistura de produtos no tanque do pulverizador, apesar de não ser prática recomendada pelo MAPA. Porém, é importante salientar que a mistura de dois ou mais produtos pode ocasionar efeitos aditivos, antagônicos e sinérgicos sobre a cultura e plantas daninhas, devendo o produtor ficar atento a este detalhe. Deve-se também estar atento para possíveis interações entre o cultivar e o herbicida a ser aplicado e o estádio de desenvolvimento da planta, pois alguns materiais são sensíveis a determinados herbicidas.

A escolha do herbicida irá depender das plantas daninhas que estão infestando a área, do estádio da cultura, do tipo de solo, da

Digitalizado com CamScanner

cultura que será plantada em sucessão e das lavouras adjacentes. De modo geral, para as diferentes culturas, as doses dos herbicidas recomendados em pré-emergência são diferenciadas de acordo com o tipo de solo. O conhecimento dos atributos do solo, como teores de argila, matéria orgânica, CTC, pH, e suas interações com o herbicida são essenciais para fazer recomendações seguras do ponto de vista técnico e ambiental. Diversas pesquisas (OLIVEIRA Jr.,1998; SILVA et al., 2012) indicam que a sorção do herbicida atrazine em solos brasileiros correlaciona-se linearmente com a variação do teor de carbono orgânico e a CTC do solo. Estudos com ametryn também indicaram ser o teor de matéria orgânica do solo a principal característica que governa a sorção desse herbicida. Todavia, em um mesmo solo, variando-se o pH, pode ocorrer alteração da sorção deste herbicida (ANDRADE et al., 2010).

A persistência dos herbicidas no solo é extremamente importante para proporcionar controle das plantas daninhas durante o período crítico de prevenção à interferência e determinar quais culturas poderão ser semeadas em sucessão. Alguns herbicidas possuem residual longo no solo e, por isso, podem causar danos a culturas implantadas posteriormente. A persistência de um herbicida varia de acordo com o herbicida e a dose do produto comercial utilizada, do tipo de solo e clima, que, por sua vez, afetam a sorção, lixiviação e decomposição microbiana e química da molécula química (SILVA et al., 2007).

Toxicidade à cultura do milho

No campo, é comum observar a ocorrência tanto de falhas no controle das plantas daninhas como de sintomas de toxicidade de herbicidas na cultura do milho. Esse fato é bastante preocupante, devido à possível redução do rendimento da cultura. Poucos são os estudos que avaliam as perdas na produção das culturas devido à toxicidade de herbicidas aplicados de forma incorreta (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003; NICOLAI et al., 2006; CAVALIERI et al., 2008). As falhas no controle e os sintomas de intoxicação da cultura podem ser atribuídos a diversos fatores, sendo os principais: o uso de

Digitalizado com CamScanner

dose inadequada para o estádio das plantas ou tipo de solo e a aplicação em condições climáticas inadequadas.

As condições ambientais influenciam a toxicidade do herbicida nas plantas daninhas e na cultura, podendo ocorrer desde controle deficiente até toxicidade ao milho. Baixas temperaturas podem atrasar a emergência e o crescimento do milho, reduzindo a sua capacidade competitiva e o metabolismo dos herbicidas pela planta. Já temperaturas altas podem aumentar a atividade do herbicida e a absorção pelas plantas, bem como reduzir a tolerância da cultura aos herbicidas.

O herbicida regulador de crescimento (2,4-D) pode provocar danos ao milho quando a aplicação for feita fora do estádio recomendado ou sobre plantas estressadas. Entretanto, os inibidores de pigmento (isoxaflutole) possuem maior probabilidade de causar danos ao milho quando aplicados em condições de alta umidade e baixa temperatura, em solos arenosos e com baixo teor de matéria orgânica. Os inibidores de aminoácidos (nicossulfuron) podem causar danos ao milho quando aplicados fora do estádio recomendado ou quando as plantas estiverem estressadas no momento da aplicação. Baixas temperaturas, aliadas à deficiência de água, aumentam as possibilidades de os herbicidas causarem fitotoxicidade (AHRENS, 1994).

Existem também diferenças de suscetibilidade a herbicidas entre os cultivares de milho. Com relação ao nicossulfuron, é importante que os produtores se informem sobre algumas características do genótipo que irá usar, como: se o híbrido ou variedade é tolerante a esse herbicida e, se sim, qual é a dose tolerada. Geralmente, os genótipos de milho podem ser classificados de três formas com relação à sensibilidade ao nicossulfuron: híbridos letais, híbridos intermediários e híbridos tolerantes (PEIXOTO; RAMOS, 2002). Essas informações, normalmente, são disponibilizadas pela empresa sementeira. Independentemente do nível de tolerância do material genético recomenda-se que a aplicação seja feita no estádio fenológico de duas a seis folhas e que o herbicida não seja misturado com inseticidas organofosforados. Além disso, recomenda-se observar intervalo de sete dias entre adubação de cobertura nitrogenada e aplicação desse herbicida.

Para evitar problemas relacionados à toxicidade dos cultivares de milho aos herbicidas registrados, o profissional deve ficar atento a todas as variáveis apresentadas.

Digitalizado com CamScanner

Época de aplicação dos herbicidas na cultura do milho

Os herbicidas podem ser aplicados antes do preparo do solo, visando ao manejo das plantas de cobertura, em pré ou pós-emergência das plantas daninhas.

Aplicação antes do preparo do solo

Algumas plantas daninhas são controladas com maior eficiência antes do preparo do solo. Espécies que apresentam propagação vegetativa, como *Sorghum halepense* (capim-massambará), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Cynodon dactylon* (grama-seda) e outras, devem também ser controladas antes do preparo do solo, já que esta prática fragmenta as plantas, multiplicando os seus propágulos. A fim de controlar essas espécies, recomenda-se aplicar herbicidas sistêmicos e iniciar o preparo da área uma semana após a aplicação, para que o produto tenha tempo de distribuir-se por toda a planta.

O herbicida deve ser aplicado quando essas plantas daninhas apresentarem alto vigor vegetativo e em condições ambientais favoráveis, para que o produto seja absorvido e translocado rapidamente, garantindo-lhe alta atividade.

Aplicações em pré-emergência

As aplicações em pré-emergência de herbicidas na cultura do milho são realizadas juntamente ou logo após a semeadura, sem incorporação ou com incorporação mecânica superficial. Esses herbicidas oferecem a vantagem do controle das plantas daninhas antes que estas possam competir com a cultura e provocar redução do rendimento. Todavia, o desempenho dessa tecnologia depende de muitos fatores, como: umidade no momento da aplicação; chuvas após a aplicação, para sua ativação; temperatura e tipo de solo; e espécies daninhas a serem controladas. Por isso, alguns desses produtos podem proporcionar controle insatisfatório das plantas daninhas,

Digitalizado com CamScanner

principalmente se as condições ambientais forem inadequadas para sua atividade no momento e após a aplicação. Como regra geral, pode-se afirmar que os herbicidas aplicados em pré-emergência necessitam de umidade adequada no solo para se difundir e se distribuir ao longo do perfil, reduzindo desse modo as perdas por volatilização e por fotodecomposição.

Os herbicidas, quando utilizados em pré-emergência, devem ser aplicados logo após a semeadura da cultura ou, no sistema convencional, no máximo três dias após a última gradagem, uma vez que esses produtos comumente atuam durante a emergência das plantas daninhas. A área deve estar livre de torrões e apresentar bom nível de umidade. A ocorrência de chuva ou irrigação após a aplicação é necessária para eficiência do tratamento. Essa condição permitirá a difusão de produtos no solo, promovendo a incorporação – evitando perdas do herbicida –, a fotodecomposição e a volatilização, o que garante a sua eficácia.

Manejo de herbicidas em pré-emergência em plantio direto

Apesar de o sistema de semeadura direto ser completamente diferente do convencional, as doses dos herbicidas utilizados em pré-emergência continuam sendo as mesmas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011). Ao escolher a dose, não se deve levar em consideração a capacidade diferenciada desses produtos de serem lixiviados da palhada para o solo nem fatores como a quantidade de cobertura morta e características físico-químicas dos compostos que, no final, alteram a atividade agronômica dos herbicidas. Alguns herbicidas, como alachlor e s-metolachlor (STREK; WEBER, 1982; COBUCCI, 2001), mesmo ocorrendo chuva após a aplicação, são em parte retidos na palhada, podendo atingir o solo em pequena quantidade. Já o atrazine, herbicida de maior uso na cultura do milho, é muito pouco retido pela palha e, por isso, a ocorrência de chuva após a aplicação o transporta para a superfície do solo (FORNAROLLI, 1997).

Digitalizado com CamScanner

Aplicação em pós-emergência

Este tipo de aplicação é feita após a emergência das plantas daninhas, antes que estas interfiram na cultura. A possibilidade de ocorrer prejuízo devido à competição é maior com o uso dessa tecnologia que nos métodos descritos anteriormente. Portanto, é necessário monitoramento constante, para que o produto seja aplicado na época adequada. Nesse tipo de aplicação há maior probabilidade de falhas de controle quando utilizado em grandes áreas cultivadas, devido ao curto período em que as plantas devem ser controladas. Neste período, se ocorrerem condições climáticas inadequadas, como excesso ou falta de chuva ou falta de equipamentos para realizar a operação, as plantas daninhas podem interferir na cultura. Para se evitarem falhas de controle em grandes lavouras é necessário planejamento, levando-se em conta a disponibilidade das máquinas, para que não haja acúmulo de trabalho em uma mesma época.

As condições de clima, para aplicação de herbicidas em pós-emergência, devem ser favoráveis à absorção e translocação do herbicida. Em geral, a temperatura mínima é de 10 °C; a ideal, de 20-30 °C; e a máxima, de 35 °C. A umidade relativa mínima é de 60%; a ideal, de 70-90%; e a máxima, de 95%. Os herbicidas utilizados em pré e em pós-emergência não devem ser aplicados em dias de ventos com velocidade superior a 10 km/h, para não causar danos às lavouras vizinhas. Aqueles usados em pós-emergência não devem ser aplicados sobre plantas estressadas e em caso de chuva iminente, para maior eficiência (DEUBER, 1992; FLECK, 1992; SILVA; SILVA, 2007).

A aplicação em dias com vento forte poderá provocar deriva, as gotículas não atingirem o alvo e sim locais com culturas sensíveis. A baixa umidade relativa desidrata as cutículas e faz com que haja rápida evaporação da gota sobre a superfície da folha. Isso causa a cristalização do produto na superfície foliar, dificultando a absorção do herbicida pela planta. Assim, altas temperaturas podem provocar a volatilização das moléculas e aumentar a evaporação das gotas. Já temperaturas baixas podem reduzir o metabolismo das plantas e dificultar a absorção e translocação dos produtos até o seu local de ação. Herbicidas aplicados em plantas sob estresse hídrico também não são absorvidos, e sua translocação pode reduzir o metabolismo das moléculas pela cultura, comprometendo a sua efetividade. A

Digitalizado com CamScanner

ocorrência de chuva logo após a aplicação pode lavar as moléculas do herbicida da superfície da folha da planta reduzindo a sua absorção. Alguns herbicidas necessitam de até seis horas sem chuva, após a aplicação, para serem absorvidos em quantidade suficiente para controlar a planta (RODRIGUES; ALMEIDA, 2011; SILVA; SILVA, 2007).

As vantagens dos herbicidas usados em pós-emergência são: aplicação localizada; eficiência não afetada pelas características do solo; uso nos sistemas convencional e direto; escolha do produto feita de acordo com as plantas daninhas na área naquele momento; e auxílio na prevenção da erosão (FLECK, 1992). Esses herbicidas podem ser aplicados em pós-emergência precoce, normal ou tardia.

Aplicação em pós-emergência precoce

Os herbicidas são aplicados sobre plantas daninhas em estádios iniciais de desenvolvimento, ou seja, quando as espécies de folhas largas estiverem com no máximo duas folhas e as gramíneas ainda não perfilharam.

Aplicação em pós-emergência normal

São aplicações realizadas quando as plantas daninhas de folhas largas estiverem com no máximo seis folhas e as gramíneas com até três perfilhos.

Aplicação em pós-emergência tardia

Nesse tipo de aplicação, os herbicidas são aspergidos sobre plantas daninhas em estádios avançados de desenvolvimento, ou seja, quando apresentarem mais de seis folhas nas latifólias e nas gramíneas, mais de três perfilhos. Em tais situações, normalmente a cultura já sofreu danos e terá seu rendimento reduzido. A eficiência dos herbicidas aplicados em pós-emergência tardia é menor que

Digitalizado com CamScanner

quando em pós-emergência precoce ou normal, sendo quase sempre necessário o uso de doses mais altas além de adjuvantes.

Aplicação dirigida

A aplicação dos herbicidas usados em pré e pós-emergência pode ser feita de forma dirigida, ou seja, somente em uma parte da área, por exemplo em faixas ou manchas onde ocorre determinada espécie de planta daninha ou nas entrelinhas da cultura.

O sucesso das aplicações dirigidas em pós-emergência baseia-se nas diferenças entre as plantas daninhas e a cultura. Nos casos em que a altura da cultura é maior que a das plantas daninhas, pode-se aplicar o herbicida de forma direcionada à base das plantas, evitando-se o contato do herbicida com as folhas desta. Para isso, o agricultor pode usar pingentes acoplados ao pulverizador e evitar aplicação de herbicidas sistêmicos. O uso de pingentes visa direcionar a pulverização para o alvo (solo ou plantas daninhas, sem atingir a cultura), promovendo melhor cobertura (diminuindo o efeito guarda-chuva) e protegendo a cultura de herbicidas com baixa ou nenhuma seletividade. É comum a aplicação do herbicida paraquat dessa forma, para controle de plantas daninhas nas entrelinhas de lavouras de milho.

A aplicação dirigida também pode ser usada para corrigir falhas, nos casos em que os cultivadores ou herbicidas aplicados em pré ou pós-emergência não apresentarem controle satisfatório das espécies presentes na área ou ainda por período adequado. O uso de herbicidas de forma dirigida pode ser a única alternativa eficiente para controlar plantas daninhas em estádios avançados de desenvolvimento ou para pequenos produtores controlarem essas espécies em áreas com topografia irregular. Entre as vantagens das aplicações dirigidas está a redução do gasto com herbicida, pois a quantidade de produto aplicada será reduzida quando comparada à aplicação em área total. Além disso, a aplicação dirigida é uma ferramenta que deve ser usada para evitar a multiplicação e disseminação de determinadas espécies daninhas ainda não detectadas na área e controlar plantas resistentes a herbicidas. Entre as desvantagens verifica-se o não controle de plantas daninhas na linha da cultura e os cuidados a serem tomados no caso de se utilizarem herbicidas não seletivos.

Digitalizado com CamScanner

Manejo integrado de plantas daninhas

No programa de manejo integrado utiliza-se a combinação de todos os métodos de controle de plantas daninhas (preventivo, cultural, químico e mecânico) para melhor controle dessas espécies. Não existe um método que seja eficiente em todas as situações, em que a cultura e as plantas daninhas estejam se desenvolvendo. Cada situação precisa ser analisada individualmente para, de acordo com as características, definir quais práticas serão adotadas. Os agricultores devem ser estimulados a usar todos os métodos de controle de plantas daninhas disponíveis, objetivando reduzir os custos e proteger o ambiente, sem perdas de produção. Para que isso seja possível, devem-se conhecer a biologia das plantas daninhas infestantes da área, os métodos de controle e as características da propriedade. O sucesso no controle das plantas daninhas é obtido somente quando o tratamento é econômico e se evita qualquer tipo de perda na produção ocasionada por essas invasoras, preservando-se qualidade ambiental. Portanto, é necessária a supervisão constante de um profissional capacitado, bem como o desenvolvimento de um programa de controle para cada talhão da lavoura (SILVA; SILVA, 2007).

Controle de plantas daninhas perenes

As plantas daninhas perenes são aquelas de ciclo de vida maior que dois anos. Essas espécies, durante o inverno, podem perder suas folhas e permanecer com as estruturas (gemas) vegetativas dormentes. Na primavera, retomam o crescimento usando-se as reservas depositadas em seu sistema radicular ou estruturas subterrâneas. Áreas infestadas com plantas daninhas perenes podem constituir sério problema para os produtores de milho, em razão muitas vezes da dificuldade de controle, da alta capacidade reprodutiva e da persistência dessas espécies.

A reprodução das plantas perenes ocorre via sementes, como as plantas daninhas anuais e bianuais e, vegetativamente, por meio de bulbos, tubérculos, rizomas e estolões. O fracionamento desses órgãos multiplica a espécie, pois cada fragmento poderá originar rapidamente uma nova planta. Assim, as práticas de preparo do solo ou o uso de

Digitalizado com CamScanner

equipamentos que fracionem essas plantas poderão contribuir para aumentar o número de indivíduos dessas espécies na área. O estabelecimento de plantas oriundas de partes vegetativas é mais rápido que aquele de plantas oriundas de sementes, o que aumenta a sua capacidade de causar danos ao milho. As plantas daninhas perenes competem com as culturas da mesma forma que as anuais; porém, têm capacidade competitiva maior, devido ao seu rápido crescimento inicial. Desse modo, se essas espécies não forem controladas com eficiência, poderão superar a cultura rapidamente, afetando o seu rendimento. Além da competição pelos recursos (água, nutrientes, luz, espaço e CO_2), algumas espécies perenes possuem efeito alelopático sobre as culturas, aumentando ainda mais a possibilidade de afetar a produção. Além disso, indivíduos adultos dessas espécies são tolerantes a praticamente todos os produtos seletivos à cultura do milho.

As principais espécies perenes que constituem problema na cultura do milho são: *Sorghum halepense* (capim-massambará), *Cyperus rotundus* (tiririca), *Cynodon dactylon* (grama-seda), *Pennisetum clandestinum* (capim-quicuio), *Digitaria insularis* (capim-amargoso), *Rumex obtusifolius* (língua-de-vaca), *Panicum maximum* (capim-colonião), *Commelina* spp. (trapoerabas) e *Brachiaria* spp. (braquiárias).

Métodos de controle de plantas daninhas perenes

Controle mecânico

O uso de cultivadores em uma área pode aumentar o número de plantas perenes, se elas se propagarem vegetativamente, em razão do fracionamento. O controle mecânico só terá alguma eficiência sobre plantas perenes que se propagam vegetativamente quando usado repetidamente em uma mesma estação, o que induzirá o esgotamento das reservas da planta. Entretanto, esta prática pode não ser totalmente eficiente e ambientalmente recomendada, além de o custo operacional ser muito alto.

Digitalizado com CamScanner

Controle químico

O surgimento dos herbicidas sistêmicos possibilitou o controle das espécies perenes e tornou o manejo dessas plantas uma prática relativamente de baixo custo. Essas espécies devem ser controladas quando apresentam pleno desenvolvimento vegetativo, ou seja, quando as plantas estão produzindo e translocando intensamente fotoassimilados. Quando há necessidade de controlar as plantas perenes em estádio avançado de desenvolvimento, por exemplo, antes do preparo do solo ou da instalação da cultura no sistema plantio direto, deve-se observar se a planta está com o metabolismo ativo, pois o herbicida terá de ser absorvido e translocado por todo o vegetal. O herbicida deverá atingir os órgãos subterrâneos, como bulbos, tubérculos e estolões, para que seja eficiente e evite rebrotas. Plantas perenes ainda jovens, oriundas de sementes, podem ser controladas com eficiência por herbicidas sistêmicos seletivos à cultura do milho. Como exemplo, plantas jovens do *Sorghum halepense* (capim-massambará) (1 a 3 perfilhos), oriundas de sementes, podem ser controladas com aplicação em pós-emergência de herbicidas inibidores da ALS seletivo ao milho.

Manejo integrado

O controle de plantas daninhas perenes é conseguido com maior facilidade quando o agricultor emprega mais de um método de controle. A associação do controle químico antes do preparo do solo com o controle em pós-emergência e a adequação do espaçamento e da densidade aumentam as possibilidades de sucesso. As práticas culturais, como a rotação de cultura, proporcionam a oportunidade do uso de diversas moléculas herbicidas na área e estabelecem diferente dinâmica de competição nesse ambiente. O plantio direto também facilita o manejo de plantas daninhas que se reproduzem por partes vegetativas, como a tiririca (*Cyperus rotundus*), por evitar a multiplicação da sua principal fonte de disseminação.

Digitalizado com CamScanner

Estádio ideal para aplicação de herbicidas

A aplicação de um herbicida em estádio inadequado das plantas daninhas e, ou, da cultura pode resultar em controle insatisfatório, sintomas de toxicidade ou até mesmo na completa perda de seletividade do produto para a cultura. Isso ocorre porque a sensibilidade das culturas e das plantas daninhas aos herbicidas varia de acordo com o seu estádio de desenvolvimento. Na cultura do milho, existem muitas diferenças entre variedades e os diversos híbridos disponíveis no mercado quanto à sensibilidade aos diferentes herbicidas recomendados para esta cultura. Dessa forma, a época de aplicação dos herbicidas usados em pós-emergência deve ser analisada de maneira isolada para cada variedade ou híbrido e herbicida a ser empregado, a fim de que o produto e a época de aplicação sejam seguros para a cultura, proporcionando controle satisfatório das plantas daninhas. Estas, principalmente as anuais, são mais sensíveis aos herbicidas durante os estádios iniciais de desenvolvimento, enquanto as perenes com reservas subterrâneas são controladas com maior eficiência quando apresentam grande área foliar, ou seja, pleno desenvolvimento vegetativo.

O estágio mais avançado de desenvolvimento das plantas daninhas pode resultar na necessidade de aumentar a dose do herbicida e, ou, adicionar adjuvantes à calda, aumentando o risco de injúrias à cultura e de obter baixa eficiência no controle.

Entre os herbicidas recomendados em pós-emergência para a cultura do milho destacam-se o atrazine, bentazon, nicossulfuron, a mistura de tanque (atrazine + nicossulfuron) e a mistura comercial (foramsulfuron + iodoasulfuron-methyl-sodium). Esses produtos devem ser aplicados preferencialmente em pós-emergência inicial das plantas daninhas, o que normalmente significa que as plantas de milho estarão no estádio de 2-4 folhas. O nicossulfuron e as referidas misturas podem ser aplicados quando as plantas de milho estiverem no estádio de 2-6 folhas, uma vez que fora deste estádio há risco de toxicidade à cultura. Portanto, antes de aplicar o herbicida, o agricultor deve estar bem informado sobre o produto e seguir as recomendações específicas relacionadas ao estádio correto de

Digitalizado com CamScanner

aplicação das plantas daninhas e da cultura, para se obter o controle das interferentes sem prejuízo para o milho.

Cuidados com os equipamentos no momento da aplicação

O sucesso no controle das plantas daninhas depende da escolha do herbicida adequado para as espécies que estão ocorrendo na área e da sua correta aplicação. A distribuição do herbicida deve ser uniforme na área, e é interessante estar atento à quantidade de ingrediente ativo a ser aplicado, para evitar falhas de controle ou danos à cultura. Para isso, antes de iniciar a aplicação do herbicida, é necessário revisar cuidadosamente o equipamento a ser usado. Os bicos devem ser examinados individualmente, a fim de avaliar o desgaste e o alinhamento. A não observância desses cuidados pode implicar aplicações de volume de calda, tamanho das gotas, pressão de funcionamento dos bicos e dosagem inadequados.

Os herbicidas são aspergidos sobre o solo ou as plantas e, para garantir que o ingrediente ativo atinja o alvo, é preciso que o equipamento os distribua de forma adequada em cada situação. Se o produto aplicado em pós-emergência for de contato ou de translocação exclusivamente apoplástica (xilema), é necessária a completa cobertura do alvo com a calda, para evitar o efeito guarda-chuva.

Atualmente, o controle químico de plantas daninhas na cultura do milho é adotado por pequenos, médios e grandes produtores, sendo a aplicação realizada com uso de pulverizadores costais ou de barra, por meio de sistemas de irrigação ou de aplicações aéreas. Esses três métodos são eficientes; porém, há situações em que um deles se adapta melhor. A boa regulagem do equipamento vai evitar desperdícios e perdas no rendimento, em razão da toxicidade causada à cultura. O uso de herbicidas inadequados e a ocorrência de erros na dose aplicada normalmente não apresentam possibilidade de correção, sendo as principais causas da maioria das aplicações fracassadas.

Digitalizado com CamScanner

Misturas de herbicidas

As lavouras de milho são infestadas por espécies daninhas com diferentes características fisiológicas e morfológicas, que lhes conferem a capacidade de responder diferenciadamente aos herbicidas. Para superar esse problema, muitos produtores optam por misturar herbicidas com diferentes mecanismos de ação, na tentativa de obter controle eficiente de todas as espécies daninhas do local. Porém, é importante ressaltar que a mistura em tanque não é permitida por lei, apesar de a maioria dos produtores a adotar. Recomenda-se trabalhar com misturas prontas de ingredientes ativos, ou seja, misturas formuladas realizadas pelas próprias empresas ou que já tenham resultados comprovados por pesquisas científicas. As misturas de ingredientes ativos com diferentes mecanismos de ação é alternativa eficiente no manejo da comunidade infestante de plantas daninhas em uma cultura. Essa tecnologia, se bem planejada, muitas vezes é capaz de reduzir o custo do tratamento, além de prevenir o surgimento de biótipos de plantas daninhas resistentes e impedir a disseminação de espécies tolerantes. Essas misturas na mesma área podem ser usadas pela aplicação desses produtos separadamente (um herbicida após o outro), conjuntamente (por meio de misturas em tanque, realizadas na propriedade), ou ainda misturas comerciais adquiridas prontas.

Os herbicidas pré-misturados ou misturados no tanque do pulverizador podem ser mais eficientes ou não, dependendo das características químicas do produto comercial, do modo **como** foi feita a mistura e das quantidades de cada produto adicionadas. Menor desempenho da mistura indica incompatibilidade física ou biológica. A incompatibilidade física é usualmente causada pela formulação e por suas interações, resultando em formação de precipitados e separação de fase, fazendo com que sua aplicação não possa ser realizada. Por isso, uma das vantagens da mistura adquirida formulada, em relação à em tanque, é evitar possíveis problemas de incompatibilidade dos componentes da formulação. A incompatibilidade decreta a incapacidade de dois ou mais herbicidas serem usados em mistura (SILVA et al., 2007).

Digitalizado com CamScanner

A mistura de herbicidas com inseticidas e fertilizantes também resulta em diversos tipos de interação. Em geral, a toxicidade de alguns herbicidas tem mostrado ser influenciada por alguns inseticidas organofosforados e, ou, metilcarbamatos. Inseticidas organoclorados, piretroides e fisiológicos não têm apresentado interações com herbicidas utilizados na cultura do milho. Entretanto, os organofosforados estão envolvidos com interações com nicossulfuron. A tolerância do milho ao nicossulfuron deve-se ao rápido metabolismo deste; entretanto, inseticidas organofosforados podem inibir ou reduzir este metabolismo, e o herbicida causa, então, toxicidade à cultura. Inseticidas organofosforados têm causado grandes problemas em áreas onde se usa nicossulfuron (SILVA et al., 2005), devendo o produtor esperar um intervalo de 10 dias entre a aplicação do herbicida e do inseticida.

Tem-se observado, na prática, que alguns agricultores têm realizado misturas de herbicidas com outros produtos, como inseticidas, fungicidas e fertilizantes, sem conhecimento das interações entre os diferentes ingredientes ativos ou compostos. Essa prática é de alto risco, pois há possibilidade de interações entre os produtos, podendo resultar em perda da seletividade na cultura, menor eficiência de controle das plantas daninhas, além do efeito danoso sobre o aplicador e o ambiente.

Principais herbicidas recomendados para cultura do milho nos sistemas convencional e direto

A Tabela 11.1 apresenta os principais herbicidas utilizados na cultura do milho, nos sistemas Convencional e Direto, seu princípio ativo, bem como observações acerca do período de aplicação desses produtos.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 11.1 - Herbicidas recomendados para sistemas de plantio convencional e direto

Princípio ativo	Marca(s) comercial(ais)	Obs.
2,4-D	Várias	*(1)
Alachlor	Alaclor Nortox	Pré-emergência
Alachlor + atrazine	Agimix, Boxer	Pré-emergência
Amicarbazone	Dinamic	Pré-emergência
Amônio glufosinato	Finale, Liberty	Pós-emergência (dirigida)
Atrazine	Várias	Pré/pós-emergência
Atrazine + simazine	Várias	Pré-emergência
Atrazine + s-metolachlor	Várias	Pré-emergência
Bentazon	Basagran 480, Basagran 600	Pós-emergência
Carfentrazone-ethyl	Várias	Pós-emergência
Flumioxazin	Flumyzin 500, Sumisoya	*(2)
Foramsulfuron + iodossulfuron-methyl	Equip-plus	Pós-emergência
Glyphosate*	Várias	*(3)
Imazapic + imazapyr	Onduty	*(4)
Isoxaflutole	Provence 750WG, Fordor 750WG	Pré-emergência inicial (precoce)
Mesotrione	Callisto	Pós-emergência
Nicossulfuron	Várias	*(5)
Paraquat	Várias	*(6)
Pendimenthalin	Várias	Pré-emergência
Sethoxydim	Poast	Pós-emergência
S-metolachlor	Dual gold	Pré-emergência
Tembotrione	Soberan	Pós-emergência

*(1) – Uso em mistura com glyphosate na dessecação para implantação da cultura; em pós-emergência (aplicação dirigida) para controle de espécies tolerantes a outros herbicidas.

*(2) – Uso puro ou em mistura com glyphosate na dessecação para implantação da cultura.

*(3) – Uso puro ou em misturas na dessecação para implantação da cultura; em pós-emergência em cultivares de milho resistente ao glyphosate.

*(4) – Uso exclusivo em cultivares com tecnologia clearfield®.

*(5) – Uso puro ou em mistura com atrazine em pós-emergência.

*(6) – Uso em dessecação para implantação da cultura; em pós-emergência (aplicação dirigida) para controle de espécies tolerantes a outros herbicidas.

Digitalizado com CamScanner

Manejo de plantas daninhas na cultura do milho Roundup Ready®

A tecnologia RR® vem se destacando no cenário mundial como uma das inovações de maior índice de aceitação pelos agricultores. Isso pode ser atribuído a algumas vantagens dessa tecnologia, advindas do uso do glyphosate, como: proporcionar controle de plantas daninhas em estádios avançados de desenvolvimento, não apresentar efeito residual no solo e possuir amplo espectro de ação. Além dessas vantagens, o glyphosate, em culturas tolerantes, não causa sintomas de intoxicação. Ao adotar a tecnologia RR®, o agricultor terá maior flexibilidade e comodidade no momento da aplicação do herbicida, pois não precisará se preocupar em realizar misturas de herbicidas, com exceção do atrazine, nem com o estádio de desenvolvimento da cultura e da planta daninha no momento de aplicação do composto. No entanto, o uso inadequado dessa tecnologia pode resultar em aumento do número de plantas tolerantes e o surgimento de novos casos de biótipos resistentes. O aumento da frequência desses indivíduos pode ser atribuído ao uso excessivo do mesmo ingrediente ativo na área, elevando, dessa forma, a pressão de seleção.

Antes da introdução das culturas geneticamente modificadas tolerantes ao glyphosate, esse herbicida era aplicado apenas uma vez durante o ciclo, na época de pré-semeadura das lavouras. No entanto, após a liberação das culturas RR® (soja, milho e algodão), ele passou a ser aplicado com maior frequência, elevando a pressão de seleção exercida por este herbicida, favorecendo o aumento de espécies tolerantes e biótipos resistentes a esse ingrediente ativo. Esse fato tem-se agravado ainda mais em locais onde os produtores optam pela sucessão de culturas RR®, por exemplo soja RR®- milho safrinha RR® (Figura 11.2).

Digitalizado com CamScanner

Figura 11.2 - Tiguera de milho RR® em lavoura de soja RR®.

Outro problema comumente enfrentado por produtores que fazem a semeadura em sucessão soja-milho safrinha RR® é o controle da tiguera de milho na soja e vice-versa. Tiguera são plantas da cultura antecessora, oriundas de perdas na colheita, que afetam a cultura subsequente. A atividade de dessecação de manejo que, geralmente, antecede a semeadura direta, visando controlar essas plantas e da comunidade infestante, predominantemente com glyphosate, passa a não ter efeito sobre a tiguera RR®. Nessa situação, o produtor deverá associar o glyphosate a outros herbicidas com diferentes mecanismos de ação, por exemplo inibidores da ACCase. Os fluxos de emergência da tiguera de milho irão variar de acordo com as condições climáticas e a forma como esse grão se encontra disponível na área após a colheita. Os grãos desprendidos das espigas, havendo umidade no solo, geralmente germinam em curto intervalo de tempo logo após a colheita, já os grãos nas espigas podem ter

Digitalizado com CamScanner

diferentes fluxos de emergência e vir a germinar mais tardiamente, deixando o problema mais para o meio e fim da cultura sucessora. Além da competição exercida pelas plantas voluntárias com a cultura por água, luz e nutrientes, elas também podem servir de hospedeiras a insetos-praga como as lagartas e microrganismos fitopatogênicos.

Em sistemas de rotação ou sucessão em que o milho Roundup Ready® ocorre como planta voluntária na cultura da soja RR®, a aplicação combinada do glyphosate com graminicidas que atuam em pré (por exemplo: s-metolachlor, clomazone, sulfentrazone) ou em pós-emergência (cletodim, sethoxydim entre outros) tem sido solução eficaz. Graminicidas com ação em pré-emergência associados com glyphosate constituem opção de controle na dessecação de manejo que antecede a semeadura direta, visando ao controle dos fluxos de emergência mais tardios da tiguera. Já as misturas com herbicidas graminicidas aplicados em pós-emergência devem ser utilizadas para o controle da tiguera após o seu estabelecimento. De forma geral, os herbicidas "dims" controlam eficientemente plantas de milho com 3-4 folhas, enquanto os herbicidas fops (haloxyfop, fluazifop...) controlam plantas de milho com até 5-6 folhas. Recentemente, algumas empresas têm disponibilizado comercialmente misturas de glyphosate com outros princípios ativos, o que não era usual, visando atender a essa demanda de mercado.

Ainda existe a questão finaceira, pois a soma da taxa tecnológica e do custo adicional de controle das plantas tigueras pode ser superior à economia que se faz com a possibilidade de uso do glyphosate. Desse modo, é necessário que o agricultor tenha prudência ao adotar essa tecnologia, pois o seu uso inadequado vem corroborando para o aumento da densidade de espécies tolerantes e resistentes em diversos locais, ocasionando aumento do custo de produção da cultura do milho e diminuindo a sustentabilidade do sistema de produção de grãos e fibras.

Referências

AGRIANUAL 2013. **Anuário estatístico da agricultura brasileira**. São Paulo, SP: FNP Consultoria e Comércio, 2012. p. 362-390.

AHRENS, W.H. (Ed.). **Herbicide handbook**. 7. ed. Champaign: Weed Science Society of America, 1994. 352 p.

Digitalizado com CamScanner

ANDRADE, S.R.B.; SILVA, A.A.; LIMA, C.F.; QUEIROZ, M.E.L.R.; D'ANTONINO, L. Sorção e dessorção do ametryn em Argissolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Vermelho-Amarelo com diferentes valores de pH. **Planta Daninha**, v. 28, n. 1, p. 177-184, 2010.

COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado fitossanidade**: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa, MG: Ed. dos Autores, 2001. 722 p. p. 583-624.

DEUBER, R. **Ciência das plantas daninhas**: fundamentos. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1992. 431 p.

FLECK, N.G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1992. 70 p.

FORNAROLLI, D.A. **Influência da cobertura morta no comportamento do herbicida atrazine**. 1997. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, 1997.

OLIVEIRA JR., R.S. de. **Relação entre propriedades químicas e físicas do solo e sorção, dessorção e potencial de lixiviação de herbicidas**. 1998. 83 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1998.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, Belo Horizonte, v. 120, n. 11, p. 16-27, 1985.

PROCÓPIO, S.O.; SANTOS, J.B.; SILVA, A.A.; DONAGEMMA, G.K.; MENDONÇA, E.S. Ponto de murcha permanente de soja, feijão e plantas daninhas. **Planta daninha**, v. 22, n. 1, p. 35-41, 2004.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. de. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina, PR: UEL, 2011. 697 p.

SILVA, A.A.; FREITAS, F.M.; FERREIRA, L.R.; JAKELAITIS, A. Efeitos de mistura de herbicida com inseticida sobre a cultura do milho, as plantas daninhas e a lagarta-do-cartucho. **Planta Daninha**, v. 23, n. 3, p. 517-525, 2005.

SILVA, A.A.; SILVA, J.F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 367 p.

SILVA, L.O.C.; SILVA, A.A.; D'ANTONINO, L.; QUEIROZ, M.E.L.R.; LIMA, C.F.; FREITAS, F.C.L. Sorção e dessorção do ametryn em Latossolos brasileiros. **Planta Daninha**, v. 30, n. 3, p. 633-640, 2012.

STREK, H.J.; WEBER, J.H. Absorption, mobility and activity comparisons between alachlor (Lasso) and metolachlor (Dual). **Proc. South. Weed Sci. Soc.**, v. 35, p. 332-338, 1982.

Digitalizado com CamScanner

12 MANEJO DE PRAGAS

Fernando Hercos Valicente[1]

O Manejo Integrado de Pragas (MIP) pode ser definido como a seleção inteligente e o uso das ações para o controle de pragas, que acarretarão consequências econômicas, ecológicas e sociológicas favoráveis. Nesse contexto, insere-se o conceito de praga, que é o inseto que causa dano e redução da produção, trazendo prejuízo econômico. Um fator importante é que nem todo dano na planta é intolerável, podendo esta se recuperar e produzir normalmente. Uma das bases do MIP é o monitoramento de insetos que ocorrem na cultura, definindo o que é praga primária e secundária e o que é inimigo natural. Esse reconhecimento é fundamental para a tomada de decisão do que aplicar e quando aplicar. O monitoramento pode ser feito para todos os insetos durante a cultura do milho, desde os que atacam na fase inicial até a espiga. O número de amostragens depende do tamanho da área e do custo.

Outra estratégia do MIP é o tratamento de sementes visando ao controle de pragas subterrâneas e pragas iniciais da cultura do milho, principalmente nas áreas com histórico de ataque dessas pragas. A seletividade de inseticidas químicos é também inportante. Antigamente eram usados químicos com amplo espectro de ação, o que ocasionou danos como a morte indiscriminada de inimigos naturais e o surgimento de insetos resistentes. Hoje, recomendam-se inseticidas fisiológicos que atuam somente sobre a fisiologia do

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S. Ph.D. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo
E-mail: fernando.valicente@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

inseto, bem como aplicação com jato dirigido para o cartucho da planta, no caso da lagarta do cartucho do milho.

Com a evolução e disponibilização de tecnologias no mercado, os transgênicos, denominados milho Bt (*Bacillus thuringiensis*), e o controle biológico são peças-chave no controle de pragas.

Entre os fatores que contribuem para a queda no rendimento e produção de grãos na cultura do milho, as pragas ocupam lugar de destaque. Esses insetos são responsáveis por perdas desde a fase inicial da cultura, uma vez que reduzem drasticamente o *stand* de plantas, diminuem a densidade de sementes logo após a semeadura e causam danos durante toda a fase vegetativa e reprodutiva. Há também importantes insetos-praga de grãos armazenados e todos os seus derivados. No Brasil, a alta incidência de pragas pode estar relacionada com o cultivo contínuo, principalmente pelo plantio do milho safrinha, que é plantado em janeiro/fevereiro ou março, dependendo da região do país. No Oeste da Bahia, por exemplo, onde não há intervalo entre os diversos plantios, é maior a migração de pragas de uma cultura para outra. Desse modo, há sempre oferta de alimento para os insetos-praga durante todo o ano.

Há vários modos de classificar as pragas de milho, como pragas-chave e secundárias. Mas, devido à mudança dessas classificações, serão destacadas pragas de importância econômica e, ou, de maior ocorrência na cultura do milho.

Pragas subterrâneas ou pragas de solo ou pragas de sementes e raízes: são os insetos que se alimentam de sementes, após a semeadura, e de raízes das plantas.

Larva-arame	*Conoderus* spp. (Coleoptera: Elateridae)
	Melanotus spp.
Cupins	*Cornitermes* sp.
	Procornitermes sp.
	Syntermes sp. (Isoptera: Termitidae)
	Heterotermes sp. (Isoptera: Rhynotermitidae)
Corós, Pão-de-galinha	*Eutheola humilis*

Digitalizado com CamScanner

	Dyscinetus dubius
	Stenocrates sp.
	Liogenys sp.
ou Bicho-bolo	*Diloboderus abaderus* (Coleoptera: Scarabaeidae)
	Phlyllophaga spp. (Coleoptera, Scarabaeidae)
	Cyclocephala spp. (Coleoptera, Scarabaeidae)
Larva-alfinete	*Diabrotica* spp. (Coleoptera: Chrysomelidae)
Larva-angorá	*Astylus variegatus* (Coleopera: Dasytidae)
Vaquinhas	*Cerotoma* (Coleoptera: Chrysomelidae)
	Diphaulaca (Coleoptera: Chrysomelidae)
Percevejo-castanho	*Scaptocoris castaneum* (Hemiptera: Cydnidae)
	Atarsocoris brachiariae (Hemiptera: Cydnidae)

Pragas iniciais que ocorrem após a germinação e, ou, vivem na superfície do solo

Lagarta-elasmo	*Elasmopalpus lignosellus* Lepidoptera
Tripes	*Frankliniela williamsi*
Percervejo barriga-verde	*Dichelops furcatus* e *D. melacanthus*
Percevejo-verde	*Nezara viridula*
Cigarrinha-do-milho	*Dalbulus maidis*
Lagarta-rosca	*Agrotis ipsilon*

Pragas da parte aérea (colmo e folhas)

Lagarta-militar ou cururquerê dos capinzais	*Mocis latipes* (Lepidoptera: Noctuidade)
Lagarta-do-cartucho	*Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)
Cigarrinha-das-pastagens	*Deois flavopicta*

Digitalizado com CamScanner

Cigarrinhas *Peregrinus maidis* e *Dalbulus maidis*
Pulgão-do-milho *Rhopalosiphum maidis*
Percevejos, tripés e formigas-cortadeiras.

Pragas do colmo

Broca-da cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis*
Cupins

Pragas das espigas

Lagarta-da-espiga *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae)
Lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)
Mosca *Euxesta* spp. (Diptera: Otitidae)

As pragas de milho podem ser reunidas em três grupos principais. O primeiro é formado por insetos de solo ou pragas iniciais da cultura do milho; o segundo, por insetos que atacam a parte foliar e o colmo; e o terceiro, por insetos que danificam as espigas. Essa classificação varia de acordo com a ocorrência e importância da praga e de pesquisador para pesquisador.

Principais pragas da cultura do milho

Pragas iniciais – Os insetos de solo são extremamente importantes, por atacarem a lavoura de milho desde o plantio até a fase de plântula. Esse período dura de 25 a 30 dias após a germinação. Quando as pragas surgem em período de veranico, coincidindo com a fase inicial da cultura, os ataques podem ocorrer em reboleiras, podendo ser necessário, em determinados casos, o replantio das áreas afetadas.

1- *Elasmopalpus lignoselus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae)

Nome comum: lagarta-elasmo

As lagartas recém-eclodidas iniciam o dano raspando as folhas e se dirigem para a região do coleto da planta, onde cavam uma

Digitalizado com CamScanner

galeria vertical. Há destruição do ponto de crescimento que, inicialmente, causa murcha e, posteriormente, morte das folhas centrais, provocando o sintoma conhecido como "coração morto"

Controle – Em áreas de risco ou de histórico de ataque dessa praga, o tratamento de sementes com inseticidas sistêmicos à base de tiodicarb, carbofuran ou imidacloprid é o mais indicado. Sob estresse hídrico, esse tratamento pode não ser efetivo. Desse modo, recomenda-se a aplicação de um inseticida de ação de contato e profundidade à base de clorpirifós. A alta umidade do solo contribui para reduzir os problemas causados pela lagarta-elasmo no milho.

2- *Diabrotica speciosa* (Germar, 1824) (Coleoptera: Chrysomelidae)

Nome comum: larva-alfinete, vaquinha ou brasileirinho.

As larvas atacam as raízes do milho, interferem muitas vezes na absorção de nutrientes e água e reduzem a sustentação das plantas. O dano pode atingir a região subterrânea do colmo, coleto e raízes principais de plantas novas. O ataque ocasiona o acamamento das plantas em situações de ventos fortes e de alta precipitação pluviométrica, além de formar raízes adventícias. Mais de 3,5 larvas por planta são suficientes para causar danos ao sistema radicular. Os adultos atacam diversas culturas, fazem perfurações e cortes em brotações, folhas, botões florais e flores.

O prejuízo causado por essa larva tem sido expressivo nos Estados do Sul e em algumas áreas das Regiões Sudeste e Centro-Oeste. Normalmente, são insetos polífagos, distribuídos em várias regiões do Brasil.

Controle – Além do tratamento de sementes, que não consegue proteger as plantas depois dos 25 dias após a germinação, há no mercado variedades de milho transgênico expressando a proteína Cry3Bb de Bacillus thuringiensis (Bt). Essa proteína é específica p oleópteros

3- *Scaptocoris castanea* (Perty, 1830) (Hemiptera: Cydnidae) e *Atarsocoris brachiariae* (Becker, 1996) (Hemiptera: Cydnidae)

Nome comum: percevejo-castanho

A aparência e a biologia desses dois insetos são muito semelhantes. Alimentam-se da raiz de diversas culturas, como soja,

Digitalizado com CamScanner

algodão, pastagens, feijão e milho. Os danos nas culturas são observados em reboleiras. Em áreas localizadas, o percevejo ataca o milho, acarretando sérios prejuízos. A ocorrência desse inseto é esporádica, o que dificulta o estabelecimento de um programa de manejo para impedir os danos da praga. As ninfas e os adultos alimentam-se da seiva das raízes, causando deficiência nutricional e hídrica. O ataque severo causa o definhamento e a morte da planta. Os sintomas de ataques variam com a intensidade e época do ataque. As plantas enfraquecidas podem morrer.

Controle – O método cultural pode ser empregado para o manejo desse inseto. A aração e a gradagem expõem os insetos aos predadores e causam o esmagamento das ninfas e adultos. A aração com arado de aiveca é a que apresenta maior eficiência no controle do percevejo castanho. O fungo *Metarhizium anisopliae* é um agente de controle biológico da praga. O controle químico é difícil de ser realizado, porque esses insetos ficam a até 30 cm de profundidade, e a recomendação tem sido de uso preventivo de inseticidas.

Pragas da parte aérea e colmo – Estas pragas comem as folhas da planta de milho reduzindo a área fotossintética e, consequentemente, a produção de grãos. Também são importantes nesta fase pragas que perfuram o colmo do milho, causando "broqueamento".

4- *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nome comum: lagarta-do-cartucho ou lagarta-militar.

A lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, é uma das principais pragas da cultura do milho e pode reduzir a produção em 34% e 52%. Esse inseto pode atacar mais de 100 culturas, entre elas sorgo, soja, arroz, algodão, soja, pastagem etc. Seu ciclo de vida é completado em 30 dias em condições de laboratório, e o número de ovos geralmente varia de 100 a 200 por postura fêmea; podem ser colocados de 1.500 a 2.000 ovos por uma única fêmea ao longo da vida. Desse modo, observa-se o potencial de dano desta praga. Larvas recém-eclodidas têm a cabeça preta e o corpo de cor clara, que fica mais escura a partir dos três dias de idade. Larvas completamente desenvolvidas medem 35 mm de comprimento, sua cor varia de cinza-

Digitalizado com CamScanner

escura a marrom-escura e têm um "Y" invertido na cabeça (Figuras 12.1 e 12.2). A duração do período larval é de 13 a 15 dias.

Figura 12.1 - Larva de *S. frugiperda* completamente desenvolvida em planta de milho.

Foto: Arthur Torres.

Na cultura do milho, a lagarta-do-cartucho é tão importante como praga da parte aérea quanto da espiga. Na espiga, essa lagarta penetra pela parte basal.

Figura 12.2 - Larva de *S. frugiperda* na folha do milho, em que se observa, na parte frontal da cápsula cefálica, o "Y" invertido.

Foto: Arthur Torres.

Digitalizado com CamScanner

A fase de pupa ocorre no solo e dura de 8 a 10 dias. No laboratório, a criação é feita em dieta artificial. A pupa tem cor marrom-avermelhada e mede de 14 a 18 mm de comprimento e 4,5 mm de largura. Os adultos medem de 32 a 40 mm (da ponta de uma asa a outra), sendo machos e fêmeas de cor acinzentada, mas os machos têm um ponto dourado na asa anterior. Adultos têm hábito noturno e são mais ativos em noites mais quentes. As fêmeas depositam os ovos durante os 4-5 primeiros dias de vida. A duração da fase adulta é de aproximadamente 10 dias.

A lagarta-do-cartucho causa danos consumindo as folhas. As larvas mais novas consomem tecidos de folha de um lado, deixando a epiderme oposta intacta. No segundo ou terceiro instar, as larvas começam a fazer buracos nas folhas. Alimentando-se do cartucho das plantas de milho, geralmente produzem uma fileira de perfurações nas folhas (Figura 12.3).

Figura 12.3 - Planta de milho atacada pela lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, que pode destruir totalmente a planta.

Foto: Fmando H. Valicente.

Controles cultural e químico – Há diversos tipos de controle desta praga. O controle cultural pode ser empregado em áreas de plantio direto. Assim, haverá a exposição de pupas no solo, diminuindo a emergência de adultos. O uso de armadilhas de feromônio é

Digitalizado com CamScanner

recomendado para o monitoramento da população de adultos. O controle químico é feito em conjunto com o monitoramento desta praga na cultura, e este é realizado quando forem constatados 10% de plantas atacadas com folhas raspadas. Os principais inseticidas químicos para o controle dessa praga são os carbamatos, inibidores da síntese de quitina, espinosinas, organofosforados e piretroides. Em áreas com histórico de ataque intenso, o controle pode ser iniciado entre 5 e 10 dias após a emergência do milho. A aplicação deve ser feita com bico leque e dirigida para o cartucho.

Plantas transgênicas – milho Bt

A partir de 2008/2009, com a aprovação do milho Bt no Brasil, que é o milho expressando toxinas da bactéria *Bacillus thuringiensis* (Bt), houve diminuição no uso de inseticidas químicos para o controle da lagarta-do-cartucho. Porém, diversos fatores que afetaram o manejo da resistência do milho Bt – como a falta de plantio de áreas de refúgio, proteínas Bt que não são expressas em alta dose e eventos expressando apenas uma proteína – fizeram com que essa praga assumisse posição de destaque novamente entre as pragas de milho. Atualmente, a lagarta-do-cartucho continua sendo a principal praga do milho, mesmo com o uso de variedades transgênicas. Há um ataque indiscriminado dessa praga em várias regiões do país, chegando a 15 aplicações com químico durante o ciclo da cultura. Em culturas transgênicas expressando somente uma proteína de Bt, há relatos de oito aplicações com químicos. O que se observa é que os genes de Bt expressos em plantas de milho, soja e algodão são basicamente os mesmos, variando somente a combinação (Tabela 12.1).

Tabela 12.1 - Proteínas de *Bacillus thuringiensis* expressas em plantas transgênicas de milho, algodão e soja, liberadas comercialmente no Brasil até outubro de 2013

Milho	Cry2Ab,1Ab, 1A.105 (1Ab, 1Ac, 1F),Cry3Bb,1F, VIP3Aa
Algodão	Cry2Ab,1Ab, 2Ae, Cry1Ac, 1F
Soja	Cry1Ac

Digitalizado com CamScanner

Há fatores importantes ao se observar a Tabela 12.1, porque a lagarta-do-cartucho está exposta basicamente às mesmas proteínas inseticidas de Bt, porém em diferentes culturas. A grande diferença está na presença das proteínas Cry3Bb e VIP em plantas de milho e já disponibilizadas comercialmente. Há que se fornecerem mais opções de genes diferentes ou combinações, porque hoje recomenda-se, além da rotação de culturas, a "rotação de genes", para tentar mitigar o aparecimento de resistência em campo. O que se observa é um ataque indiscriminado da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, em diversas regiões do país.

Controle biológico

O controle biológico da lagarta-do-cartucho no Brasil pode ser realizado através do uso de bioinseticidas à base de Baculovírus e *Bacillus thuringiensis* e do parasitoide de ovos *Trichogramma*. Há no Brasil biofábricas que produzem estes três agentes de controle biológico.

Baculovírus

Os baculovírus compõem o grupo mais comum e mais estudado entre os vírus patogênicos a insetos. Isso se deve ao fato de apresentarem maior potencial como agentes de controle biológico de pragas. A família Baculoviridae é composta de vírus com uma simples fita dupla circular de DNA. Todos os baculovírus têm uma mesma estrutura básica: um capsídeo coberto de forma arredondada. O gênero VPN (Vírus de Poliedrose Nuclear ou Nucleopoliedrovírus) é o mais conhecido e usado em programas de controle biológico. Os baculovírus são específicos em relação ao inseto-alvo, não afetam mamíferos e são seguros ao ser humano. Os VPNs são o vírus de insetos mais usados em programas de controle biológico.

Produção comercial do baculovírus – Na produção do *B. spodoptera* em larga escala, há fatores limitantes. Por exemplo, a produção do baculovírus é afetada pela liquefação do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte. Esse fator é crucial, porque as larvas

Digitalizado com CamScanner

morrem e se liquefazem, fazendo com que todo o líquido interno se extravase. Desse modo, há necessidade de se congelarem as lagartas mortas para que depois sejam coletadas com pinças e congeladas novamente até o processamento e formulação, o que implica maior gasto com mão de obra, energia, espaço com *freezers*, resultando em produto final com preço mais elevado.

Os baculovírus que matam a lagarta-do-cartucho apresentam dois genes, catepsina e quitinase, que são responsáveis pelo rompimento do tegumento da lagarta imediatamente após a sua morte (HAWTIN et al., 1997). O isolado 6 (Figura 12.4), pertencente ao Banco de Baculovírus da Embrapa Milho e Sorgo, apresenta característica única de não causar a liquefação do tegumento imediatamente após a sua morte (VALICENTE et al., 2007, VALICENTE et al., 2008).

Figura 12.4 - Lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, morta com baculovírus (VPN) isolado 6, que não causa o rompimento do tegumento logo após a sua morte.

Digitalizado com CamScanner

Produção de baculovírus em larga escala

A produção em larga escala do *B. spodoptera* é realizada em laboratório utilizando-se lagartas sadias, criadas artificialmente como hospedeiras. Recomenda-se que as lagartas sejam de tamanho uniforme, para que sua infecção seja eficiente, facilitando assim o processo de coleta depois de mortas. As lagartas devem ser infectadas em tamanho ideal, normalmente sete dias de idade, a fim de que produzam maior quantidade de poliedros/lagarta e, consequentemente, que haja redução do número de lagartas equivalentes (LE), que é o número de lagartas necessárias para pulverizar um hectare. A temperatura é um dos fatores mais importantes durante todo o processo de produção; portanto, todos os ambientes dentro de uma biofábrica devem ter temperatura controlada. É necessário ar condicionado e aquecimento (se preciso) com a ajuda de circuladores de ar, para que as temperaturas se igualem dentro das salas de multiplicação. A umidade relativa do ar deve ser mantida dentro das salas, a fim de que não haja ressecamento da epiderme dos insetos.

A sala de criação do inseto hospedeiro sadio deve ficar separada fisicamente do local de infecção com o baculovirus e do local das coletas de larvas mortas. A separação é importante, para que não ocorra contaminação indesejada dos insetos sadios.

Há uma biofábrica (Vitae Bioteenologia, do grupo Vitae), em Uberaba, MG, que produz comercialmente o *Baculovirus spodoptera*. A produção iniciou-se no ano 2013 e se encontra em fase de escala piloto. O produto à base de baculovirus foi desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo. Para que fosse comercializado, realizaram-se testes de CL_{50}, TL_{50}, experimentos de campo etc. Vale ressaltar que, de modo geral, os baculovirus são compatíveis com a aplicação de inseticidas químicos no mesmo tanque. Essa produção visa atender aos produtores que queiram usar o baculovirus como biopesticida para o controle da lagarta-do-cartucho. Esse agente de controle é recomendado para ser usado em áreas de refúgio de milho Bt, quando se fizer necessário o uso do MIP.

Bacillus thuringiensis: É uma bactéria gram-positiva, cosmopolita, que ocorre naturalmente em vários habitats, incluindo solo, filoplano, resíduos de grãos, poeira, água, matéria vegetal e

Digitalizado com CamScanner

insetos. Caracteriza-se por formar um cristal proteico, insolúvel em água, durante a fase vegetativo-estacionária, que é acumulado dentro do compartimento da célula-mãe (Figura 12.5) durante a esporulação.

Figura 12.5 - Cristais de formato bipiramidal da cepa 344 de *Bacillus thuringiensis* sv *tolworthi*.

Fonte: VALICENTE; SOUZA, 2004.

O cristal proteico, também chamado de delta-endotoxina (δ endotoxina), possui propriedades inseticidas específicas, podendo ter atividade sobre vários artrópodes, entre eles lepidópteros, dípteros, coleópteros, himenópteros, homópteros e ácaros. Esse cristal pode ter várias formas: bipiramidal, esférica, retangular, cuboide e irregular. A forma do cristal pode estar associada à patogenicidade a insetos.

Cultivo e produção comercial de biospesticidas à base de *B. thuringiensis*

O *B. thuringiensis* pode ser cultivado por meios alternativos ou subprodutos de indústria e da agricultura. O Bt necessita de carbono, nitrogênio e traços de sais minerais para seu crescimento. Várias fontes de carbono a preços reduzidos podem ser usadas, por

Digitalizado com CamScanner

exemplo glucose de milho, melaço de cana, melaço de beterraba e amido de alguns cereais e, como fonte de nitrogênio, podem ser utilizados farinha de soja, extrato de soja, levedura e água de maceração de milho. Os sais inorgânicos essenciais são cálcio, zinco, manganês e magnésio. A atividade tóxica do *Bt* vai depender do meio e da cepa utilizados. Vários meios de cultura podem ser empregados em biofábricas na produção comercial do Bt como biopesticida (VALICENTE; MOURÃO, 2008).

O *Bt* pode ser produzido tanto em fermentação líquida como em meio sólido e, normalmente, o melhor desenvolvimento ocorre a 30 °C por 3 a 4 dias, dependendo do meio e do isolado utilizado.

Hoje, a produção comercial de biopesticida à base de Bt, em escala comercial, é desenvolvida pela empresa Sementes Farroupilha, localizada em Patos de Minas, MG, em conjunto com a Embrapa Milho e Sorgo. Há a disponibilidade de formulação líquida e em grânulo.

Considerações – Várias empresas estão interessadas em produzir biopesticidas à base de Baculovírus e Bt, devido à necessidade de tornar o sistema de produção mais barato, sem afetar o meio ambiente e o homem. No caso do Bt, podem-se conseguir isolados que expressem diferentes proteínas das que existem no mercado em plantas transgênicas.

Considerações na aplicação de biopesticida à base de Bt e baculovírus

Ao aplicar biopesticidas na cultura do milho, alguns fatores importantes devem ser respeitados. O primeiro deles é que a cultura deve ser monitorada semanalmente para se detectar o nível de ataque da lagarta-do-cartucho na lavoura. Em determinadas regiões, o ataque dessa praga inicia-se uma semana após a germinação das sementes; portanto, é interessante que o produtor conheça os primeiros sinais do ataque da praga (Figura 12.6) e que não perca a primeira aplicação, porque desse modo evitará sobreposição de estádios larvais dessa praga na cultura.

Digitalizado com CamScanner

Figura 12.6 - Ataque inicial da lagarta-do-cartucho, *S. frugiperda*, em planta de milho, onde se observam pequenas raspaduras da folha de milho pelo inseto.

Foto: Fernando H. Valicente.

Deve-se também respeitar a arquitetura da planta de milho, ou seja, seu crescimento vertical, e, se necessário, aplicar semanalmente o biopesticida, do mesmo modo que é feito com o uso de produtos químicos. As pulverizações devem ser realizadas sempre à tarde, para evitar maior incidência de raios ultravioletas sobre as plantas nos períodos mais quentes do dia, uma vez que esses raios são um dos principais fatores de inativação dos biopesticidas em campo.

Deve-se, ainda, usar quantidade maior de água para que se consiga atingir o inseto dentro do cartucho da planta, local preferido da lagarta quando a planta está maior, juntamente com o espalhante adesivo, para melhorar a qualidade da aplicação, uniformidade da calda e fixar o produto na folha (Figura 12.7). É preciso, também, verificar a umidade relativa do ar, porque se estiver muito baixa e as gotas muito pequenas, pode-se perder muito com a evaporação da calda antes mesmo de o produto atingir a folha. Deve- se observar se o

Digitalizado com CamScanner

produto pode ser aplicado com quantidade de água para cobrir as folhas pulverizadas.

Figura 12.7 - Trator pulverizando o bioinseticida com velocidade reduzida com 300 litros de água por hectare.

Foto: Fernando H. Valicente.

Trichogramma – O trichograma é uma vespa (Hymenoptera: Trichogrammatidae) parasita de ovos que impede a eclosão das larvas. É um excelente parasitoide, que pode reduzir desde o início o dano causado pela lagarta-do-cartucho. No Brasil, há biofábricas que produzem e vendem o trichograma em escala comercial. Uma delas localiza-se em Uberlândia, MG, e a outra, empresa BUG, em Piracicaba, SP.

Há outros inimigos naturais importantes, tanto predadores como parasitoides; porém, não há produção em escala comercial. Um predador voraz e muito importante, no conceito do MIP, é a tesourinha (*Doru luteipes*), que fica no cartucho da planta de milho e na espiga.

Digitalizado com CamScanner

Diatraea saccharalis (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Pyralidae)

Nome comum: broca-da-cana.

As lagartas têm cabeça marrom ou avermelhada, corpo amarelado com algumas variações (Figura 12.8) e manchas escuras no dorso. Podem atingir até 3 cm de comprimento quando totalmente desenvolvidas.

Figura 12.8 - Aspecto da larva de *Diatraea saccharalis* em planta de milho.

Foto: Arthur Torres.

Os danos iniciais dessa praga assemelham-se aos do percevejo barriga-verde, ou seja, causam danos nas folhas. Se o dano for mais profundo, pode ocasionar o sintoma conhecido como "coração morto". Em plantas mais desenvolvidas, as lagartas penetram no colmo onde fazem galerias. O dano pode reduzir a produção de grãos entre 21% e 27%.

Digitalizado com CamScanner

Controle – O tratamento químico de sementes para a lagarta-elasmo tem efeito sobre o controle da broca-da-cana. Podem-se usar produtos químicos na forma de pulverização, porque esta praga causa dano foliar no milho antes de penetrar no colmo.

Controle biológico: Na cultura da cana, esse tipo de controle pode ser feito com o uso dos parasitoides trichograma e *Cotesia flavipes*. Há condição de adaptar o uso desses dois parasitoides dentro do MIP na cultura do milho.

Helicoverpa zea (Boddie, 1850) (Lepidoptera: Noctuidae)

Nome comum: lagarta-da-espiga.

Esta praga inicia seu dano alimentando-se dos cabelos novos ou estigmas. Quando os cabelos começam a ressecar, inicia-se o ataque nos grãos de milho. Se o ataque for intenso nos estigmas, pode comprometer a fertilização, causando muitas falhas de grãos dentro das espigas. A lagarta, quando se alimenta de grãos leitosos, deixa orifícios, o que facilita a penetração de microrganismos (Figura 12.9).

Figura 12.9 - Dano causado pela lagarta-da-espiga, *Helicoverpa zea*, em milho. Observa-se claramente a destruição de parte do sabugo e de grãos leitosos.

Digitalizado com CamScanner

Controle – O controle químico não tem sido muito utilizado, devido à dificuldade de aplicação, exceto em áreas irrigadas com pivô-central. No plantio de milho para produção em conserva, tem-se usado a vespa trichograma, que consegue parasitar os ovos quando ainda estão nos cabelos do milho.

Helicoverpa armigera: Hübner (Lepidoptera: Noctuidae).

A *Helicoverpa armigera* é a mais nova praga introduzida no Brasil. Há relatos e observação pessoal desta espécie atacando milho, sorgo, milheto, soja, algodão, quiabo, pimentão etc. É uma praga voraz que tem causado danos econômicos à agricultura brasileira. A lagarta assemelha-se à lagarta-da-espiga, possuindo cores variadas e diversos pelos no dorso (Figura 12.10).

Figura 12.10 - Aspecto geral de larva de *Helilcoverpa armigera* em planta de milho.

Foto: Arthur Torres.

Foi constatada a presença desta praga se alimentando de panículas de sorgo, em uma amostragem feita na região de Luis Eduardo Magalhães, na Bahia (Figura 12.11).

Digitalizado com CamScanner

Figura 12.11 - Larva de *Helicoverpa armigera* alimentando-se de panículas de sorgo.

Foto: Mário Ângelo de Faria.

Controle – Há uma gama de inseticidas químicos usados no Brasil. Porém, nenhum deles com registro comercial para esta praga, por ser esta quarentenária e não existir em nosso território. Houve a aprovação emergencial de um isolado de Baculovírus que será comercializado em breve no Brasil. Há várias pesquisas sendo conduzidas com o uso da vespa trichograma, Baculvovírus, isolados aqui no Brasil, e uso de isolados de Bt, com resultados promissores.

Referências

BARROS, R. Pragas do milho. In: **Tecnologia de produção de soja e milho**. Cuiabá, MT: Fundação Mato Grosso, 2011/2012. p. 275-296.e

CRUZ, I. Lagarta-do-cartucho: o principal inimigo do milho. **Cultivar**, v. 3, n. 35, Dez. 2001. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/prsementes.htm>.

Digitalizado com CamScanner

HAWTIN, R.E.; ZARKOWSKA, T.; ARNOLD, K.; GOODAY, G.W.; KING, L.A.; KUZIO, J.A.; POSSEE, R.D. Liquefaction of *Autograph acalifornica* nucleopolyhedrovirus-infected insects is dependent on the integrity of virus-encoded chitinase and cathepsin genes. **Virology**, v. 238, n. 2, p. 243-253, 1997.

VALICENTE, F.H.; MOURÃO, A.H.C. Use of by-products rich in carbon and nitrogen as a nutrient source to produce *Bacillus thuringiensis* (Berliner)-based biopesticide. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 6, p. 702-708, 2008.

VALICENTE, F.H.; PAIVA, C.E.C.; TUELHER, E.S. Uso de dieta artificial de baixo custo na criação de *Spodoptera frugiperda* e *Spodopteraexigua* para a produção em larga escala de *Baculovirus spodoptera*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia, MG. **Resumos...** Londrina, PR: Sociedade Entomológica do Brasil, 2008. CD-Rom.

VALICENTE, F.H.; SOUZA, I.R.P. Cultivo e preparo de *Bacillus thuringiensis* para microscopia eletrônica de varredura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 25., 2004. Cuiabá, MT. **Resumos...** Cuiabá, MT, 2004. p. 146.

VALICENTE, F.H.; TUELHER, E.; PENA, R.C.; ANDREAZZA, R.; FELLET, M.R.; MACEDO, C.V.; GITZ, A.; WOLFF, J.L.C. The use of baculovirus to control fall army worm, *Spodoptera frugiperda*, in Brazil. In: ANNUAL MEETING OF THE SOCIETY FOR INVERTEBRATE PATHOLOGY, 40th, 2007, Quebec City. **Proceedings...** Londres: Society for Invertebrate Pathology, 2007. v. 1, p. 61.

VALICENTE, F.H.; TUELHER, E.S.; PAIVA, C.E.C.; FELLET, M.R.G.; VIEIRA, C.M.; WOLFF, J.L.C. A new baculovirus isolate that does not cause the liquefaction of the integument in *Spodoptera frugiperda* dead larvae. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 7, n. 1, p. 85-90, 2008.

Digitalizado com CamScanner

MANEJO DE DOENÇAS 13

Luciano Viana Cota[1], *Rodrigo Véras da Costa*[2] e *Dagma Dionisia da Silva*[3]

No Brasil, 10 a 15 anos atrás, o milho era considerado uma cultura rústica no que se refere à ocorrência de doenças. Entre os tratos culturais dispensados à cultura, naquela época, o manejo de doenças praticamente não era uma preocupação dos técnicos e produtores. Essa realidade sofreu grande mudança nos últimos anos, principalmente a partir do final da década de 1990. As doenças constituem na atualidade um dos principais fatores limitantes da produtividade e têm sido causa de grandes preocupações nos agentes envolvidos no agronegócio da cultura do milho no Brasil, em razão das perdas que têm ocasionado à produção e dos riscos à saúde humana e animal, com a presença de micotoxinas produzidas por fungos nos grãos.

Relatos de perdas na produtividade por causa do ataque de patógenos têm sido frequentes nas principais regiões produtoras do país. Nesse contexto, vale destacar a severa epidemia de cercosporiose, uma doença até então de importância secundária na região Sudoeste do Estado de Goiás na safra de verão e safrinha de 2000. Predominavam na região os híbridos com alta suscetibilidade à

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: luciano.cota@embrapa.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: rodrigo.veras@embrapa.br
[3] Engenheira-Agrônoma, M.S., D.S. e Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo. E-mail: dagma.silva@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

doença, havia crescente adoção da prática do plantio direto e pouca ou nenhuma da rotação de culturas dos produtores de milho da região. Tais fatores, associados à ocorrência de condições ambientais favoráveis, determinaram o aparecimento de severas epidemias na região, com registro de perdas de até 80% em lavouras com cultivares suscetíveis.

É importante entender que a evolução das doenças do milho está estreitamente relacionada à do sistema de produção desta cultura no Brasil. Modificações ocorridas no sistema de produção, que resultaram no aumento da produtividade do milho, foram também responsáveis pela alta incidência e severidade das doenças. Desse modo, a expansão da fronteira agrícola, a ampliação das épocas de plantio (safra e safrinha), a adoção do sistema de plantio direto sem a rotação de culturas, o aumento do uso de sistemas de irrigação e de materiais suscetíveis têm sido responsáveis por importantes modificações na dinâmica populacional dos patógenos, resultando no surgimento, a cada safra, de novos problemas para o milho relacionados à ocorrência de doenças.

Entre as doenças constatadas na cultura do milho no Brasil, merecem destaque a mancha-branca (mancha-de-phaeosphaeria), a cercosporiose, a helmintosporiose, a ferrugem polissora, a ferrugem tropical, a ferrugem branca, o enfezamento-vermelho, o enfezamento-pálido e a podridão-de-colmo. Além dessas, nos últimos anos algumas doenças consideradas de menor importância têm ocorrido com elevada severidade em dadas regiões produtoras, como a antracnose foliar e a mancha foliar de diplodia.

A importância dessas doenças varia de ano para ano e de região para região, de acordo com as condições climáticas, nível de suscetibilidade dos cultivares e o sistema de plantio. No entanto, algumas dessas doenças são de ocorrência mais generalizada nas principais regiões de plantio, como é o caso da mancha-branca. As condições ambientais de cada safra podem influenciar na ocorrência das doenças, a exemplo do que aconteceu com a ferrugem polissora na Região Sul do Brasil, na safra 2009/2010.

Nas últimas safras, a ocorrência de podridões de espigas e grãos ardidos tem sido cada vez mais frequente. A incidência de grãos ardidos, além de reduzir o peso de grãos produzidos, está associada à

Digitalizado com CamScanner

ocorrência de micotoxinas que podem ter efeitos diretos aos consumidores do milho contaminado. A ocorrência de micotoxinas pode ainda ser utilizada como uma barreira não tarifária para os exportadores de milho.

No Brasil, o milho é a cultura mais comumente utilizada em rotação ou sucessão (safrinha) com a soja. O sistema de produção com sucessão soja/milho tem favorecido a população de nematoides capazes de atacar as duas culturas. O nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus*, está amplamente disseminado no Brasil, sendo altamente polífago. Na soja, as perdas têm aumentado muito nas últimas safras, especialmente no Brasil central. Embora a maioria dos híbridos e cultivares de milho disponíveis no Brasil seja mais tolerante aos nematoides de galhas e a *P. brachyurus* que a soja, existe variabilidade entre eles com relação à capacidade de multiplicá-los. A identificação de genótipos de milho resistentes ou maus hospedeiros é fundamental para a composição de esquemas de rotação/sucessão de culturas, que resultem em diminuição das populações de nematoides no solo e garantam a viabilidade econômica da soja ou de outra cultura suscetível semeada na sequência.

Principais doenças da cultura do milho no Brasil

Doenças foliares

Cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*)

Os sintomas caracterizam-se por manchas de coloração cinza, predominantemente retangulares, com lesões paralelas às nervuras. Com o desenvolvimento dos sintomas da doença pode ocorrer necrose de todo o tecido foliar (Figura 13.1). Os restos de cultura são, portanto, fonte de inóculo local e, também, para outras áreas de plantio. A ocorrência de temperaturas entre 25 °C e 30 °C e umidade relativa do ar superior a 90% são consideradas condições ótimas à doença. Essa enfermidade ocorre com alta severidade em cultivares suscetíveis, podendo ocasionar perdas superiores a 80%.

Digitalizado com CamScanner

Figura 13.1 - Cercosporiose do milho (*Cercospora zeae-maydis).*
Foto: Luciano Viana Cota.

Mancha-branca (Etiologia indefinida)

A mancha-branca é considerada, atualmente, uma das principais doenças da cultura do milho no Brasil e está presente em praticamente todas as regiões. As perdas na produção podem ser superiores a 60% em situações de ambiente favorável e uso de cultivares suscetíveis. Os sintomas iniciais da doença são lesões foliares de formato circular a oval, de 0,3 a 2 cm de diâmetro, com aspecto de encharcamento (anasarca). Essas lesões tornam-se necróticas e com coloração palha (Figura 13.2). Geralmente, são encontradas dispersas no limbo foliar, mas iniciam-se na ponta da folha e progridem para a base, podendo coalescer. Em geral, os sintomas aparecem inicialmente nas folhas inferiores, progredindo rapidamente para as superiores, sendo mais severos após o pendoamento. A doença é favorecida por temperaturas noturnas amenas (15 °C a 20 °C), elevada umidade relativa do ar (>60%) e grande precipitação.

Digitalizado com CamScanner

Figura 13.2 - Sintomas da mancha-branca em folhas de milho.
Foto: Fabrício Lanza.

Ferrugem polissora (*Puccinia polysora*)

Os sintomas da ferrugem polissora são caracterizados pela formação de pústulas circulares a ovais, de coloração marrom-clara, distribuídas, predominante, na face superior das folhas (Figura 13.3A). A ocorrência da doença depende da altitude, sendo mais intensa em altitudes inferiores de 700 m, onde predominam temperaturas mais elevadas (25 °C a 35 °C). Perdas superiores a 40% na produção de milho, devido à ocorrência de epidemias de ferrugem polissora, foram registradas em condições brasileiras.

Ferrugem comum (*Puccinia sorghi*)

Os sintomas da ferrugem comum caracterizam-se pela formação de pústulas em toda a parte aérea da planta, mas com maior abundância nas folhas. As pústulas ocorrem em ambas as superfícies da folha, sendo esta uma das características que a diferencia da ferrugem polissora, cujas pústulas predominam na superfície superior

Digitalizado com CamScanner

da folha. As pústulas da ferrugem comum apresentam formato circular a alongado e coloração castanho-clara a escura, que se acentua à medida que as pústulas amadurecem e se rompem, liberando os uredósporos, que são os esporos típicos do patógeno. Sob condições ambientais favoráveis as pústulas podem coalescer formando grandes áreas necróticas nas folhas (Figura 13.3B). Temperaturas baixas (16 °C a 23 °C) e alta umidade relativa (100%) favorecem o desenvolvimento da doença.

Ferrugem tropical ou ferrugem branca (*Physopella zeae*)

Os sintomas da ferrugem branca caracterizam-se pela formação de pústulas de formato arredondado a oval, em pequenos grupos, de coloração esbranquiçada a amarelada, na superfície superior da folha e recoberta pela epiderme (Figura 13.3C). Os uredósporos são o inóculo primário e secundário, sendo transportados pelo vento ou por material infectado. Não são conhecidos hospedeiros intermediários de *P. zeae*. A doença é favorecida por condições de alta temperatura (22 °C - 34 °C), alta umidade relativa e baixas altitudes.

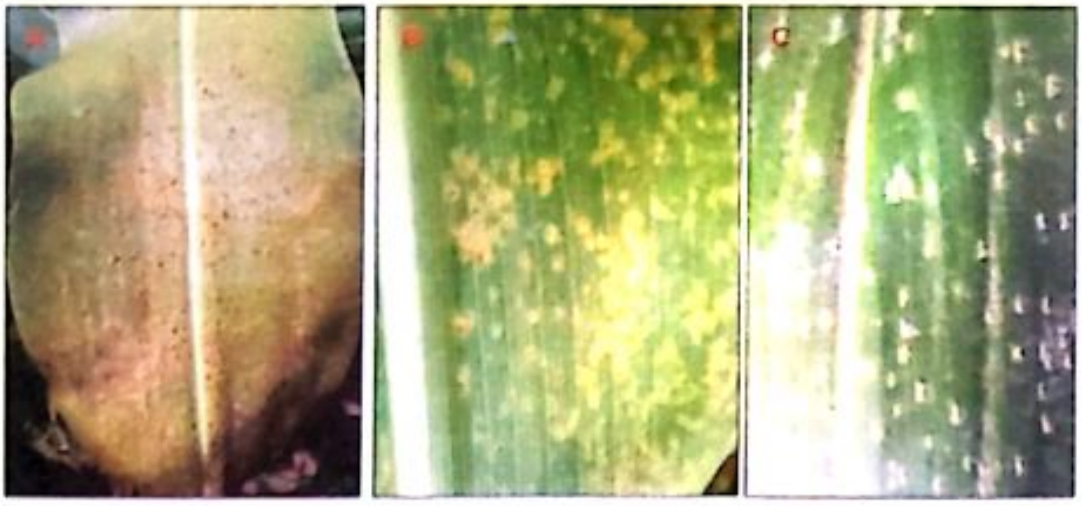


Figura 13.3 - Sintomas típicos (pústulas) das ferrugens em folhas de milho: (A) ferrugem polissora (*Puccinia polysora* Underw.); (B) ferrugem comum do milho; e (C) ferrugem branca do milho.

Foto: Rodrigo Véras da Costa.

Digitalizado com CamScanner

Helmintosporiose (*Exserohilum turcicum* (Pass.) K. J. Leonard & E. G. Suggs)

Os sintomas típicos da helmintosporiose são lesões necróticas, elípticas, medindo de 2,5 a 15 cm de comprimento (Figura 13.4). A coloração do tecido necrosado varia de cinza a marrom e, no interior das lesões, observa-se intensa esporulação do patógeno. As primeiras lesões surgem, normalmente, nas folhas mais velhas. O patógeno apresenta boa capacidade de sobrevivência em restos de cultura. A disseminação dá-se pelo transporte de conídios pelo vento a longas distâncias. Temperaturas moderadas (18 °C - 27 °C) são favoráveis à doença, bem como o orvalho ou longos períodos de molhamento foliar. No Brasil, as maiores severidades dessa enfermidade têm ocorrido em plantios de safrinha. Em situações favoráveis ao desenvolvimento da doença, as perdas na produção podem atingir 50%, quando o ataque se inicia antes da floração.

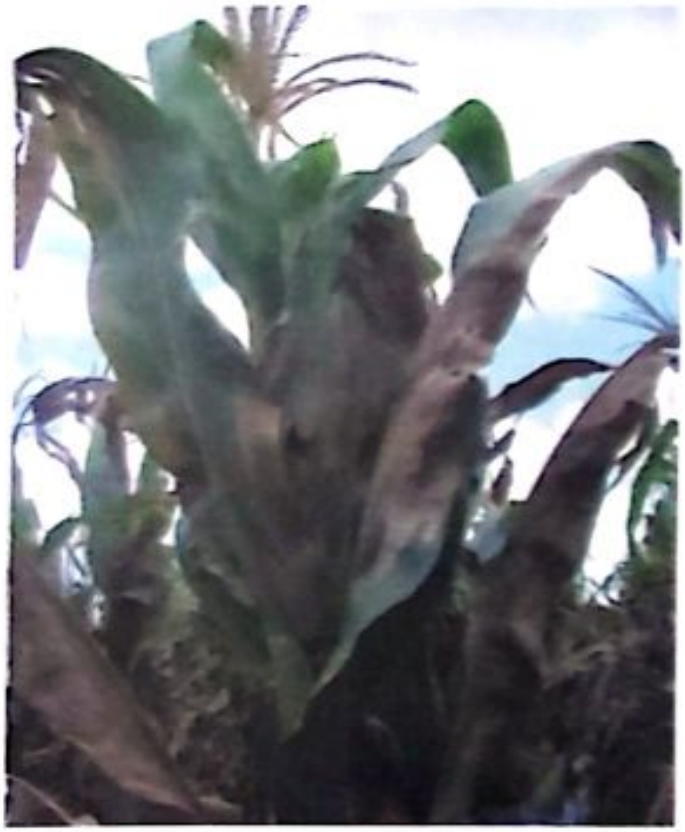


Figura 13.4 - Sintomas da helmintosporiose em folhas de milho.
Foto: Luciano Viana Cota.

Digitalizado com CamScanner

Mancha de Bipolaris maydis (*Bipolaris maydis*)

Esta doença se encontra amplamente distribuída no Brasil porém com severidade baixa ou média. Atualmente, em algumas áreas da Região Centro-Oeste e Nordeste, tem ocorrido com maior severidade em materiais suscetíveis. O fungo *B. maydis* possui duas raças descritas, 0 e T. A raça 0, predominante nas principais regiões produtoras, produz lesões alongadas, orientadas pelas nervuras com margens castanhas e com forma e tamanho variáveis (Figura 13.5A). Embora as lesões sigam a orientação das nervuras, as bordas não são tão bem definidas como no caso da cercosporiose. As lesões causadas pela raça T são maiores, predominantemente elípticas e com coloração marrom a castanha podendo haver formação de halo clorótico. *B. maydis* sobrevive em restos culturais infectados e grãos. A temperatura ótima para o desenvolvimento da doença é de 22 °C a 30 °C, ou seja, alta umidade relativa.

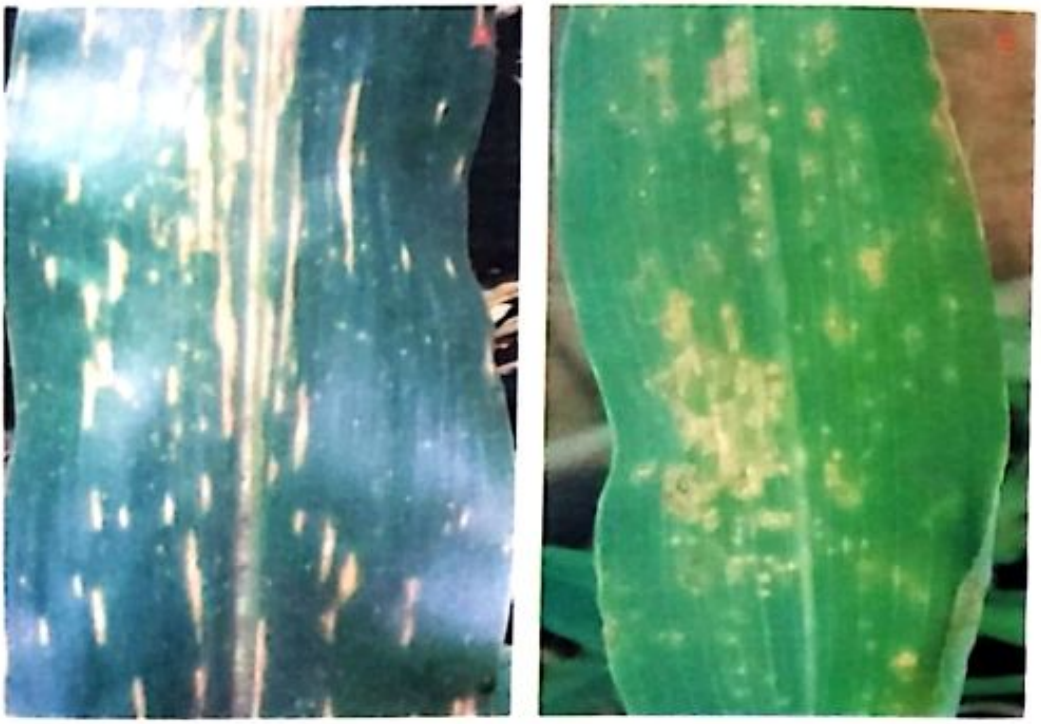


Figura 13.5 - Manchas foliares causadas por *Bipolaris* em folhas de milho: (A) sintomas da mancha foliar de *Bipolaris maydis;* e (B) sintomas típicos da mancha de *Bipolaris zeicola*.

Fotos: Rodrigo Véras (A); Luciano Viana Cota (B).

Digitalizado com CamScanner

Mancha de *bipolaris* (*Bipolaris zeicola*)

Assim como a mancha foliar de *B. maydis*, essa doença tem ocorrido com elevada severidade em algumas regiões do Centro-Oeste e Nordeste. Duas raças de *B. zeicola* são consideradas predominantes no Brasil, raças 1 e 3. A raça 1 desse patógeno produz lesões de coloração palha, formato circular a oval, com formação de anéis concêntricos (Figura 13.5B). A raça 3 produz lesões estreitas e alongadas e com coloração castanho-clara. As condições ambientais que favorecem a ocorrência da doença são temperaturas moderadas e alta umidade relativa do ar. Sobrevive em restos culturais infectados, sendo os conídios transportados pelo vento e por respingos de chuva.

Mancha foliar de Diplodia (*Stenocarpella macrospora*)

Os sintomas da mancha foliar causada por *S. macrospora* são caracterizados por lesões alongadas, grandes, semelhantes aos de *E. turcicum*. Diferem desta por apresentar, em algum local da lesão, pequeno círculo visível contra a luz (ponto de infecção). As lesões podem alcançar até 10 cm de comprimento (Figura 13.6). A disseminação ocorre através dos esporos e os restos de cultura são levados pelo vento e por respingos de chuva. Os restos de cultura são fonte de inóculo local e, também, contribuem para a disseminação da doença para outras áreas de plantio. Temperaturas entre 25 °C e 30 °C e elevada umidade relativa do ar favorecem o desenvolvimento dessa doença.

Digitalizado com CamScanner

Figura 13.6 - Mancha foliar de Diplodia (*Diplodia macrospora*); seta indicando o ponto de infecção.

Foto: Rodrigo Véras.

Antracnose foliar do milho (*Colletotrichum graminicola* (Ces.) G.W.Wils.)

A antracnose foliar tem sido uma das doenças mais amplamente distribuídas nas regiões produtoras de milho do Brasil. A enfermidade pode reduzir a produção do milho em até 40% em cultivares suscetíveis sob condições favoráveis de ambiente. As lesões foliares são observadas em plantas nos primeiros estágios vegetativos e, de modo geral, a antracnose é a primeira doença detectada no campo. Os sintomas são caracterizados por lesões de coloração marrom-escura e formato oval a irregular, o que torna, às vezes, difícil seu diagnóstico, já que estes podem ser confundidos com deficiências nutricionais e senescência de folhas (Figura 13.7A). Tipicamente, um halo amarelado circunda a área doente das folhas. Sob condições favoráveis, as lesões podem coalescer,

Digitalizado com CamScanner

necrosando grande parte do limbo foliar e surgem, no interior das lesões, pontuações escuras que correspondem às estruturas de frutificação do patógeno, denominadas acérvulos. Nas nervuras, são observadas lesões elípticas de coloração marrom-avermelhada, que resultam em uma necrose foliar em formato de "V" invertido (Figura 13.7BC). Esses sintomas são geralmente confundidos com os de deficiência de nitrogênio. A antracnose se desenvolve em temperaturas altas (28 °C a 30 °C) e elevada umidade relativa do ar.

Figura 13.7 - Sintomas da antracnose foliar do milho (*Colletotrichum graminicola*): (A) sintomas em plantas jovens; (B) sintomas da antracnose na nervura foliar; e (C) lesão em formato de "V" invertido nas folhas de plantas adultas de milho.

Foto: Rodrigo Véras da Costa.

Podridão do colmo

A podridão do colmo destaca-se, no mundo, entre as mais importantes doenças que atacam a cultura do milho, por reduzir a produção e a qualidade de grãos e forragens. Sua ocorrência, no Brasil, tem aumentado significativamente nas últimas safras, em todas as regiões de plantio. Incidência de podridão de colmo acima de 70% e perdas de produtividade em torno de 50% têm sido relatadas em

Digitalizado com CamScanner

cultivares suscetíveis sob condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento dos patógenos causadores dessa doença.

A podridão do colmo pode ocorrer antes da fase de enchimento dos grãos, em plantas jovens e vigorosas, ou após a maturação fisiológica dos grãos, em plantas senescentes. No primeiro caso, as perdas se devem à morte prematura das plantas com efeitos negativos no tamanho e no peso dos grãos, como consequência da redução na absorção de água e nutrientes. No segundo caso, as perdas na produção se devem ao tombamento das plantas, o que dificulta a colheita mecânica e expõe as espigas à ação de roedores e ao apodrecimento, pelo contato com o solo.

Antracnose do colmo (*Colletotrichum graminicola*)

A antracnose do colmo é caracterizada pela formação, na casca, de lesões encharcadas, estreitas, elípticas na vertical ou ovais. Posteriormente, essas lesões tornam-se marrom-avermelhadas e, finalmente, marrom-escuras a negras (Figura 13.8). As lesões podem coalescer, formando extensas áreas necrosadas de coloração escura-brilhante. O tecido interno do colmo apresenta, de forma contínua e uniforme, coloração marrom-escura, podendo se desintegrar, levando a planta à morte prematura e ao acamamento. *C. graminicola* pode sobreviver em restos de cultura ou em sementes, na forma de micélio e conídios. A antracnose é favorecida por longos períodos de altas temperaturas e umidade, principalmente na fase de plântula e após o florescimento. As perdas de produção, dependendo do híbrido e das condições ambientais, podem chegar a 40%.

Digitalizado com CamScanner

Figura 13.8 - Sintomas da antracnose do colmo em plantas de milho.
Foto: Luciano Viana Cota.

Podridão de colmo por Diplodia

Essa podridão pode ser causada por duas espécies de fungo do gênero Stenocarpella, *Stenocarpella maydis* (= *Diplodia maydis*) ou *Stenocarpella macrospora* (=*Diplodia macrospora*), os mesmos agentes causais da podridão-branca das espigas. A espécie *S. macrospora* é a mesma que causa lesões foliares, conforme descrito anteriormente. *S. maydis* difere de *S. macrospora* por apresentar conídios duas vezes menores e por não causar lesões foliares. Plantas infectadas por esses fungos apresentam, externamente, próximo aos entrenós inferiores, lesões marrom-claras, quase negras, nas quais é possível observar pequenos pontos negros (picnídios). Internamente, o tecido da medula adquire coloração marrom e pode se desintegrar, permanecendo intactos somente os vasos lenhosos sobre os quais é possível observar, também, a presença de picnídios (Figura 13.9A). A podridão do colmo, causada por *Stenocarpella* spp., é favorecida por temperaturas entre 28 °C e 30 °C e alta umidade, principalmente na

Digitalizado com CamScanner

forma de chuva. Esses patógenos sobrevivem nos restos de cultura como picnídios e, nas sementes, na forma de picnídios ou de micélio.

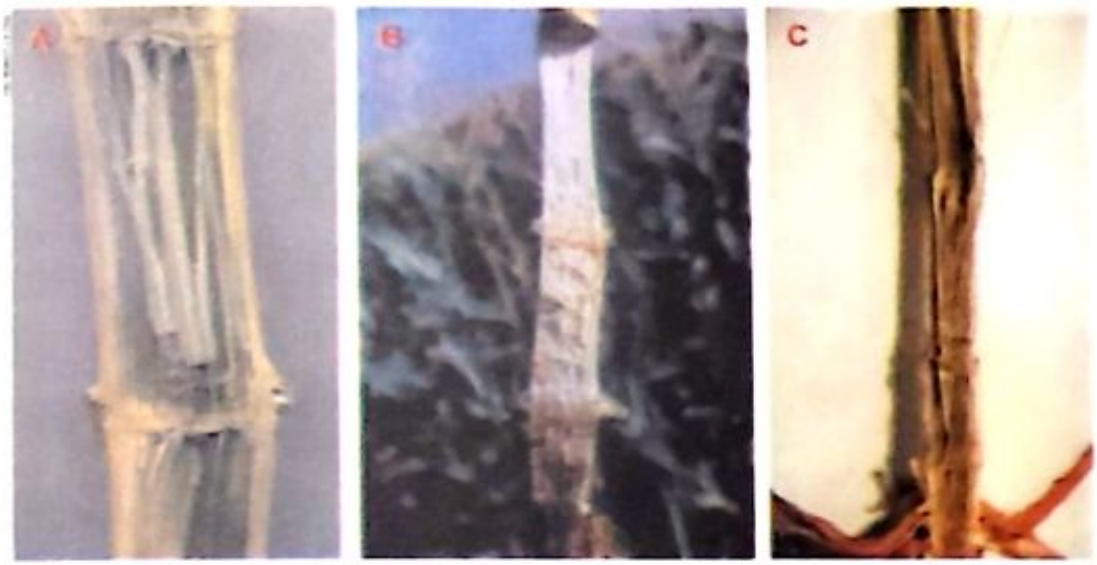


Figura 13.9 - Sintomas de podridão do colmo em plantas de milho: (A) podridão do colmo do milho, causada por *Stenocarpela* spp. (=*Diplodia* spp.); (B) podridão do colmo, em virtude do *Fusarium* spp.; e (C) podridão do colmo ocasionada por *Macrophomina phaseolina*.

Foto: Nicésio F. F. A. Pinto (A e C); Fernando Tavares fernandes (B).

Podridão de colmo por Fusarium (*Fusarium* spp.)

Essa podridão, causada por várias espécies do gênero *Fusarium* spp., entre elas *F. verticillioides* Sacc. Niremberg, *F. subglutinans* (Wollenw. & Reinking) Nelson, Toussoun & Marasas e *F. graminearum* Schwabe, também causa podridão de espigas. Em plantas infectadas, o tecido dos entrenós inferiores geralmente adquire coloração avermelhada, que progride de forma uniforme e continua da base em direção à parte superior da planta (Figura 13.9B). Esse patógeno é um fungo de solo capaz de sobreviver nos restos de cultura na forma de micélio e apresenta várias espécies vegetais como hospedeiro alternativo, o que torna a medida de rotação de cultura pouco eficiente. Frequentemente pode ser encontrado associado às sementes.

Digitalizado com CamScanner

Podridão do colmo por Macrophomina

Essa doença é ocasionada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid, um patógeno capaz de causar podridões em mais de 500 espécies de plantas, incluindo as podridões de colmo nas culturas do milho, do sorgo e da podridão de raízes de soja. A infecção das plantas se inicia pelas raízes. Embora essa infecção possa ocorrer nos primeiros estádios de desenvolvimento da planta, os sintomas são visíveis nos entrenós inferiores, após a polinização. Internamente, o tecido da medula desintegra-se permanecendo intactos somente os vasos lenhosos (Figura 13.9BC), sobre os quais é possível observar numerosos pontos negros (escleródios) que conferem, internamente ao colmo, uma cor cinza típica. A podridão por Macrophomina é favorecida por altas temperaturas (37 °C) e baixa umidade no solo. A sobrevivência de *M. phaseolina* no solo e sua disseminação ocorrem na forma de escleródios.

Podridão bacteriana

Várias espécies de bactérias do gênero *Pseudomonas* spp. e *Erwinia* spp. causam podridão do colmo em plantas de milho, sendo as mais comuns *Erwinia chrysanthemi pv. zeae*. A podridão bacteriana ocorre com maior frequência em ambientes caracterizados pelo excesso de umidade no solo. As causadas por bactérias são do tipo aquosas e aquelas ocasionadas por *Erwinia chrysanthemi pv. zeae* exalam odor desagradável típico. Em geral, iniciam-se nos entrenós próximos ao solo e rapidamente atingem os entrenós superiores. A infecção por *E. chrysanthemi pv. zeae pode*, também, se iniciar pela parte superior do colmo causando a "podridão do cartucho por Erwinia". Os sintomas típicos dessa doença são a murcha e a seca das folhas do cartucho, decorrentes de uma podridão aquosa na base desse cartucho. As folhas desprendem-se facilmente e exalam odor desagradável (Figura 13.10). Nas bainhas das outras folhas podem-se observar lesões encharcadas (anasarcas), responsáveis pelo apodrecimento dos entrenós inferiores ao cartucho e pela murcha do restante da planta. Ferimentos no cartucho causados por insetos podem contribuir para a incidência dessa podridão. As podridões

Digitalizado com CamScanner

bacterianas são favorecidas por altas temperaturas associadas a altos teores de umidade.

Figura 13.10 - Podridão bacteriana do colmo (*Erwinia chrysanthemi pv. zeae*).

Foto: Rodrigo Véras da Costa.

Podridão de espiga e grãos ardidos

Os grãos de milho podem ser danificados por fungos em pré-colheita (podridões de espigas com a formação de grãos ardidos) e em pós-colheita dos grãos durante o beneficiamento, armazenamento e transporte (grãos mofados ou embolorados). No processo de colonização dos grãos, muitas espécies de fungos, denominados toxigênicos, podem, além dos danos físicos (descolorações dos grãos, reduções nos conteúdos de carboidratos, de proteínas e de açúcares totais), produzir substâncias tóxicas chamadas micotoxinas. É importante ressaltar que a presença do fungo toxigênico não implica necessariamente produção de micotoxinas.

Podridão-branca da espiga

A podridão-branca da espiga é causada pelos fungos *Stenocarpella maydis* (Berkeley) Sutton (=*Diplodia maydis*) e

Digitalizado com CamScanner

Stenocarpella macrospora (Earle) Sutton (=Diplodia macrospora). O seu sintoma é o crescimento micelial denso e compacto, de coloração branca, entre os grãos que se iniciam, normalmente, pela base das espigas (Figura 13.11A). As espigas atacadas são mais leves e podem ser totalmente apodrecidas. Uma característica específica dessa doença é o aparecimento de inúmeras pontuações de coloração escura nos grãos e no ráquis das espigas, que correspondem aos picnídios dos patógenos, os quais servem como fonte de inóculo para os próximos plantios.

A precisa distinção entre essas espécies só é possível mediante análises microscópicas, pois, comparativamente, os esporos de S. *macrospora* são maiores e mais alongados que os de *S. maydis*. Esses patógenos sobrevivem no solo através dos esporos no interior dos picnídios e nos restos de cultura contaminados e nas sementes, na forma de esporos e de micélio dormente, que constituem fontes primárias de inóculo para a infecção das espigas. A alta precipitação na época da maturação dos grãos favorece o aparecimento desta doença.

Figura 13.11 - Sintomas de podridões em espigas de milho: (A) podridão-branca da espiga; (B) podridão da espiga por Fusarium (*Fusarium verticillioides)*; e (C) podridão da espiga por giberela (*Giberela zeae*).

Fotos: A - Rodrigo Véras da Costa; e B e C - Nicésio F.J.A. Pinto.

Digitalizado com CamScanner

Podridão de fusarium

Essa podridão é causada principalmente por duas espécies de fungo, *Fusarium verticillioides* e *Fusarium subglutinans*. Esses patógenos apresentam elevado número de plantas hospedeiras. A infecção pode se iniciar pela ponta ou por qualquer outra parte da espiga, mas sempre associada a alguma injúria (insetos, pássaros). Os grãos infectados apresentam, normalmente, alteração de cor que varia de rósea a marrom-escura e, em algumas situações, estrias de coloração branca no pericarpo. Com o desenvolvimento do patógeno, observa-se sobre os grãos crescimento cotonoso de coloração clara a avermelhada, correspondente ao micélio do fungo (Figura 13.11B). Quando a infecção ocorre através do pedúnculo da espiga, todos os grãos podem ser infectados, mas a infecção só se desenvolverá naqueles que apresentarem alguma injúria no pericarpo. O desenvolvimento dos patógenos nas espigas é paralisado quando o teor de umidade dos grãos atinge 18% a 19%, em base úmida. Uma vez que estes fungos possuem a fase saprofítica ativa, sobrevivem e se multiplicam na matéria orgânica, no solo, sendo esta a fonte principal de inóculo.

Podridão de giberela

Essa podridão de espiga, causada pelo fungo *Gibberella zeae* (forma imperfeita *Fusarium graminearum)*, é mais comum em regiões de clima ameno e de alta umidade relativa. A ocorrência de chuvas após a polinização propicia o aparecimento dessa doença, que inicia-se com uma massa cotonosa avermelhada na ponta da espiga e pode progredir para a base (Figura 13.11C). É comum as palhas estarem firmemente ligadas às espigas, devido ao excessivo crescimento micelial do fungo entre as brácteas e os grãos. Ocasionalmente, essa podridão pode iniciar-se na base e progredir para a ponta da espiga, confundindo o sintoma com aquele causado por *F. verticillioides* ou *F. subglutinans*. Chuvas frequentes no final do desenvolvimento da cultura, principalmente em lavoura com cultivar cujas espigas não dobram, podem aumentar a incidência dessa podridão. O fungo sobrevive nas sementes na forma de micélio dormente.

Digitalizado com CamScanner

Grãos ardidos

O termo grãos ardidos refere-se aos grãos produzidos em espigas que sofreram processo de podridão. São considerados ardidos os grãos que apresentam, pelo menos, um quarto de sua superfície com descolorações que variam de marrom-claras, marrom-escuras, roxas, vermelho-claras a vermelho-escuras (Figura 13.12). Os principais patógenos causadores de grãos ardidos são: *Stenocarpella maydis* (=*Diplodia maydis*), *Stenocarpella macrospora* (=*Diplodia macrospora*), *Fusarium verticillioides*, *F. subglutinans* e *Gibberella zeae*. Ocasionalmente, no campo, há produção de grãos ardidos pelos fungos do gênero *Penicillium* spp. e *Aspergillus* spp. Os fungos *G. zeae* e *S. maydis* são mais frequentes nos Estados do Sul do Brasil e *F. verticillioides*, *F. subglutinans* e *Diplodia macrospora* nas demais regiões produtoras de milho.

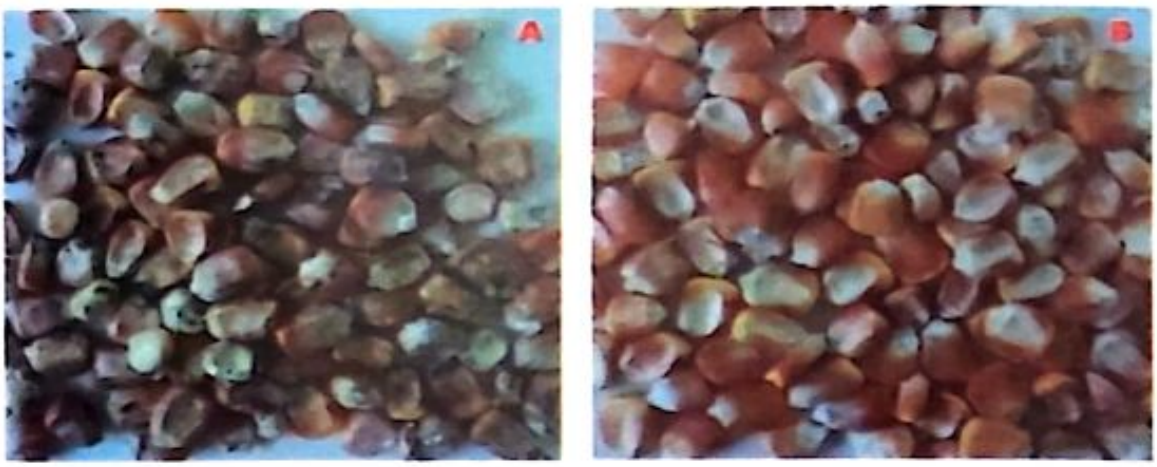


Figura 13.12 - Comparação de amostras de grãos de milho ardidos (A) e sadios (B).

Foto: Rodrigo Véras da Costa.

A infecção dos grãos de milho por algumas espécies de fungo pode resultar na produção de micotoxinas. As principais são: aflatoxinas (*Aspergillus flavus e A. parasiticus*), fumonisinas (*Fusarium verticillioides*), zearalenona (*Fusarium graminearum*) ocratoxina A (*Aspergillus* spp. *e Penicillium* spp.) e desoxinivalenol ou DON (*F. graminearum*). As micotoxinas têm provocado grandes perdas econômicas em toda a cadeia produtiva agrícola, o que

Digitalizado com CamScanner

representa risco potencial ao desenvolvimento do agronegócio brasileiro e, principalmente, à saúde humana e animal.

A contaminação por micotoxinas tem sido uma das principais preocupações dos agentes envolvidos na cadeia produtiva de milho no Brasil. A incidência desses contaminantes nos grãos é bastante elevada nas condições brasileiras, e isso, associado à grande estabilidade desses compostos que não são degradados por métodos tradicionais e também à grande dificuldade de controle, constitui um desafio a ser enfrentado por todos os envolvidos nas cadeias produtivas de milho, carnes e leite no Brasil. Um complicador é que os países importadores de grãos e carnes estão estabelecendo legislações bastante restritivas à presença de micotoxinas nesses produtos, e esses contaminantes podem representar barreiras não tarifárias às exportações brasileiras.

Doenças sistêmicas

Enfezamentos

Os enfezamentos (doenças sistêmicas associadas a infecções dos tecidos do floema das plantas) são considerados importantes para a cultura, em razão de perdas elevadas na produtividade e por sua ampla ocorrência nas principais regiões produtoras de milho do país. Os plantios tardios e de safrinha (iniciados a partir de meados de janeiro) contribuem para o aumento da incidência e das perdas causadas pelos enfezamentos, devido ao aumento da população do inseto-vetor nessa época. Os enfezamentos são ocasionados por patógenos pertencentes à classe Mollicutes, cuja transmissão é realizada de forma persistente-propagativa pela cigarrinha *Dalbulus maidis*. O enfezamento pálido é causado por um procarionte pertencente à espécie *Spiroplasma kunkelli*, já o enfezamento vermelho, por procarionte do gênero Phytoplasma, denominado fitoplasma. Os sintomas típicos do enfezamento vermelho são avermelhamento das folhas, proliferação de espigas, produção de espigas pequenas, perfilhamento na base da planta e nas axilas foliares, encurtamento dos entrenós, enchimento incompleto de grãos e seca precoce das plantas (Figura 13.13A). Os sintomas

Digitalizado com CamScanner

característicos do enfezamento pálido são estrias esbranquiçadas irregulares na base das folhas que se estendem em direção ao ápice. Em alguns casos, observam-se amarelecimento das plantas e áreas avermelhadas nas folhas apicais. Normalmente, as plantas são raquíticas, devido ao encurtamento dos entrenós, podendo haver proliferação de espigas pequenas e sem grãos (Figuras 13.13B). Quando há produção de grãos, eles são pequenos, manchados e frouxos na espiga. As plantas podem secar precocemente.

Figura 13.13 - Sintomas de enfezamento em plantas de milho: (A) enfezamento vermelho; e (B) enfezamento pálido.

Foto: Rodrigo Véras da Costa.

Míldio [*Peronosclerospora sorghi* (Weston and Uppal.)]

Há vários organismos causadores de míldio que afetam a cultura do milho, mas o comumente observado, nas condições brasileiras, é o mesmo patógeno que causa o míldio do sorgo, ou seja, *Peronosclerospora sorghi*. Plantas de milho sistemicamente

Digitalizado com CamScanner

infectadas por *P. sorghi* caracterizam-se por serem cloróticas, algumas vezes enfezadas, podendo apresentar folhas com estrias esbranquiçadas e que não chegam a produzir sementes (Figura 13.14). A área clorótica da folha sempre inclui a base da lâmina foliar, com margens transversas bem definidas entre tecidos doentes e sadios. Na superfície das folhas infectadas ocorre a produção de esporângios (conídios) com temperatura ótima de produção entre 24 °C e 26 °C. Alta taxa de infecção sistêmica ocorre quando o milho é cultivado em temperaturas que variam de 11 °C e 32 °C e períodos de molhamento foliar superior a quatro horas.

Figura 13.14 - Míldio em milho: sintomas típicos de deformação do pendão, aparecimento de folhas estreitas e eretas (A) e de estrias esbranquiçadas (B).

Foto: Luciano Viana Cota.

Viroses

Raiado fino (*Maize Rayado Fino Virus*)

A virose raiado fino, também denominada risca, pode reduzir a produção de grãos em até 30% e ocorre nas principais regiões produtoras de milho. Os sintomas característicos são riscas formadas

Digitalizado com CamScanner

por numerosos pontos cloróticos coalescentes ao longo das nervuras, que são facilmente observados quando as folhas são colocadas contra a luz (Figura 13.15A). O vírus do raiado fino, que acontece sistemicamente na planta de milho, é transmitido de forma persistente, propagativa, pela cigarrinha *Dalbullus maidis* que, ao se alimentar em plantas doentes, o adquire e transmite para plantas sadias. O período latente entre a aquisição desse vírus e sua transmissão varia de 7 a 37 dias. A incidência e a severidade dessa doença são influenciadas por grau de suscetibilidade do cultivar, por semeaduras tardias e população elevada de cigarrinha coincidente com fases iniciais de desenvolvimento da lavoura de milho.

Figura 13.15 - Sintomas do raiado fino em folha de milho (A) e sintomas do mosaico comum do milho (B).

Fotos: Luciano Viana Cota e Carlos Roberto Casela.

Mosaico comum do milho (*Sugarcane mosaic virus* - SCMV)

O mosaico comum do milho ocorre, praticamente, em toda região onde esse grão é cultivado. Os sintomas caracterizam-se pela formação nas folhas de manchas verde-claro com áreas verde normal

Digitalizado com CamScanner

dando um aspecto de mosaico (Figura 13.15B). As plantas doentes são, normalmente, menores em altura e em tamanho de espigas e de grãos. O mosaico comum do milho é transmitido por várias espécies de pulgão, sendo a mais eficiente a espécie *Rhopalosiphum maidis*. Os insetos vetores adquirem os vírus em poucos segundos ou minutos e os transmitem, também, em poucos segundos ou minutos. Esses vírus podem ser transmitidos também mecanicamente. Mais de 250 espécies de gramíneas são hospedeiras dos vírus do mosaico comum do milho.

Doenças causadas por nematoides

Mais de 40 espécies de 12 gêneros de nematoides têm sido citadas como parasitas de raízes de milho em todas as áreas do mundo onde este cereal é cultivado. No Brasil, as espécies mais importantes, devido à patogenicidade, à distribuição e à alta densidade populacional, são: *Pratylenchus brachyurus*, *Pratylenchus zeae*, *Helicotylenchus dihystera*, *Criconemella* spp., *Meloidogyne* spp. e *Xiphinema* spp. Os danos por nematoides variam com o gênero e a população do nematoide envolvido, condições do solo e a idade da planta de milho. Os sistemas radiculares parasitados por nematoides são menos eficientes na absorção de água e nutrientes da solução do solo. Consequentemente, uma planta parasitada tem seu crescimento reduzido, apresenta sintomas de deficiências minerais e a produção é reduzida. Plantas atacadas por nematoides exibem, em sua parte aérea, os seguintes sintomas: enfezamento e cloroses, sintomas de murcha durante as horas mais quentes do dia, com recuperação à noite, espigas pequenas e mal granadas. Esses sintomas dão à cultura do milho uma aparência de irregularidade, podendo surgir em reboleiras ou em grandes extensões.

Manejo de doenças na cultura do milho

As principais medidas recomendadas para o manejo de doenças na cultura do milho são: 1) utilização de cultivares resistentes; 2) realização do plantio em época adequada, de modo a evitar que os períodos críticos para a cultura não coincidam com

Digitalizado com CamScanner

condições ambientais mais favoráveis ao desenvolvimento da doença; 3) utilização de sementes de boa qualidade e tratadas com fungicidas; 4) utilização da rotação com culturas não suscetíveis; 5) rotação de cultivares; 6) manejo adequado da lavoura – adubação equilibrada (N e K), população de plantas adequada, controle de pragas e de plantas invasoras e colheita na época correta. Essas medidas, além de trazerem benefício imediato ao produtor, por reduzirem o potencial de inóculo dos patógenos na lavoura, contribuem para maior durabilidade e estabilidade da resistência genética nos cultivares comerciais, por reduzirem o inóculo dos patógenos. A estratégia mais atrativa de manejo de doenças na cultura do milho é a utilização de cultivares geneticamente resistentes, uma vez que o seu uso não exige nenhum custo adicional ao produtor, não causa nenhum tipo de impacto negativo ao meio ambiente, é perfeitamente compatível com outras alternativas de manejo e, muitas vezes, é suficiente para o controle da doença.

Nos últimos anos, a utilização de fungicidas esta cada vez mais comum na cultura do milho. Os resultados de pesquisas realizadas pela Embrapa Milho e Sorgo e outras instituições de pesquisa demonstram que o uso de fungicidas tem se mostrado estratégia viável e eficiente de manejo de doenças na cultura. Entretanto, alguns fatores devem ser observados para que a relação custo/benefício seja positiva, isto é, que o benefício do controle das doenças com o uso de fungicidas seja superior ao custo da aplicação. Entre esses fatores, o conhecimento das principais doenças que ocorrem tanto em nível de região quanto de propriedade, o nível de resistência dos cultivares às principais doenças, as condições ambientais durante o ciclo da cultura, o sistema de produção (plantio direto, rotação de culturas etc.) e a disponibilidade de equipamentos para pulverização estão entre os mais importantes. O uso de fungicidas em milho é recomendado nas situações de elevada severidade de doenças, que são resultantes da combinação dos seguintes fatores: uso de genótipos suscetíveis, condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento das doenças, plantio direto sem rotação de culturas e plantio continuado de milho na área.

No processo de tomada de decisão sobre a necessidade de aplicação de fungicidas na cultura do milho, o primeiro fator a ser observado é o nível de resistência do cultivar em relação às principais

Digitalizado com CamScanner

doenças na região e na propriedade. De modo geral, não se recomenda a aplicação de fungicidas em cultivares resistentes. Os maiores retornos econômicos resultantes do uso de fungicidas na cultura do milho são notados em situações de alto risco de ocorrência de doenças em elevada severidade.

Outro fator importante a ser considerado para a tomada de decisão, tanto sobre a necessidade de aplicação quanto da escolha do produto a ser utilizado, é que as doenças, normalmente, ocorrem de modo simultâneo no campo, o que pode influenciar a eficiência da aplicação. Por exemplo, os fungicidas do grupo químico dos triazois apresentam baixa eficiência no controle da mancha-branca, uma doença de ampla ocorrência nas principais regiões produtoras do país. Desse modo, para garantir maior eficiência das aplicações, é fundamental o monitoramento da lavoura na fase de pré-pendoamento, antes da aplicação do fungicida. Considerando que as folhas acima da espiga contribuem, em média, por mais de 90% da produção das plantas de milho e que as doenças foliares, na sua maioria, aparecem inicialmente nas folhas baixeiras e progridem em direção às folhas superiores, a folha abaixo da folha da espiga representa boa referência para a realização de inspeções de campo. Em cultivares suscetíveis, os sintomas de doenças nessa folha, associados a condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento, representam indicativo da necessidade de se intervir com a aplicação de fungicidas. Condições de ambiente caracterizadas por temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar desfavorecem a maioria das doenças fúngicas que atacam o milho. No entanto, temperaturas moderadas e ambientes úmidos (elevada umidade relativa do ar, chuvas frequentes, irrigação e orvalho) favorecem essas enfermidades.

Quanto à decisão sobre a melhor época de aplicação de fungicidas, dois pontos devem ser considerados: 1) a fase do ciclo da cultura na qual as plantas são mais sensíveis ao ataque de patógenos e; 2) o período de ocorrência das principais doenças. Conforme mencionado, na fase compreendida entre o pendoamento (VT) e grãos leitosos (R3) as plantas de milho necessitam do máximo de sua capacidade fotossintética, pois é quando se inicia intenso período de translocação de fotossimilados para as espigas. Nessa fase, qualquer fator que interfira negativamente reduzindo a área foliar e, consequentemente, a sua capacidade fotossintética resulta em

Digitalizado com CamScanner

reduções significativas na produtividade de grãos. Esta é a fase crítica para a cultura do milho e deve ser considerada quando se pretende proteger as plantas via aplicação de fungicidas. Levando-se em consideração que o período residual máximo dos fungicidas dos grupos das estrobilurinas e triazois está em torno de 15 a 20 dias e que a fase de enchimento de grãos no milho dura, em média, 60 dias, deve-se ter cuidado com as aplicações realizadas muito cedo, ainda na fase vegetativa da cultura (como exemplo, no estágio de oito folhas, como é feito nas aplicações com pulverizadores de arrasto), pois quando as plantas realmente necessitarem da proteção química, os produtos não estarão mais efetivos.

É necessário considerar, também, o momento em que surgem as doenças na lavoura. Algumas delas, como as ferrugens, a antracnose, quando aparecem nas fases iniciais, e, em algumas situações a mancha branca, podem incidir ainda na fase vegetativa da cultura. Numa situação de uso de cultivares suscetíveis e de predominância de condições ambientais favoráveis, o controle químico deve ser considerado, de modo a evitar que elevados níveis de doenças alcancem as folhas acima da espiga na fase de florescimento da cultura. Portanto, é evidente que a época ideal para aplicação de fungicidas na cultura do milho depende de um monitoramento da lavoura, que deve ser iniciado ainda na fase vegetativa da cultura, considerando-se todos os aspectos mencionados na tomada de decisão.

A disponibilidade de equipamentos para pulverização é outro fator que influencia a eficiência do manejo de doenças em milho através do uso de fungicidas. De modo geral, os equipamentos utilizados são os pulverizadores de arrasto, principalmente em pequenas propriedades, e autopropelidos e aeronaves, em grandes propriedades. No caso dos pulverizadores de arrasto, as pulverizações podem ser realizadas em plantas com até 100 cm de altura, aproximadamente, ou seja, por volta do estágio de 8 a 9 folhas definitivas (V8 a V9). Nesse caso, deve-se dar preferência ao plantio de cultivares que apresentem bom nível de resistência às principais doenças, pois, em condições favoráveis ao desenvolvimento das doenças e uso de cultivares suscetíveis, a aplicação de fungicidas muito cedo (V8 a V9) provavelmente será insuficiente para o controle adequado das doenças, com consequentes perdas na produtividade. Os

Digitalizado com CamScanner

equipamentos autopropelidos, cuja altura de eixo é de aproximadamente 120 cm, permitem que se façam aplicações em fases mais avançadas do ciclo (V10 a VT), quando comparados aos pulverizadores de arrasto. As pulverizações realizadas com aviões, embora de custo mais elevado, não apresentam as limitações mencionadas anteriormente, e os resultados de trabalhos de pesquisa têm mostrado que a eficiência dessa modalidade de aplicação é equivalente àquela observada nos pulverizadores terrestres.

Referências

BERGSTROM, G.C.; NICHOLSON, R.L. The biology of corn anthracnose: knowledge to exploit for improved management. **Plant Disease**, v. 83, p. 596-608, 1999.

COSTA, R.V. da; COTA, L.V. **Controle químico de doenças na cultura do milho: aspectos a serem considerados na tomada de decisão sobre aplicação**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2009. 11 p. (Embrapa Milho e Sorgo - Circular Técnica, 125).

COSTA, R.V. da; COTA, L.V.; CRUZ, J.C.; SILVA, D.D. da; QUEIROZ, V.A.V.; GUIMARAES, L.J.M.; MENDES, S.M. **Recomendações para a redução da incidência de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 22 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 38).

COSTA, R.V. da; COTA, L.V.; SILVA, D.D. da; LANZA, F.E. **Recomendações para o controle químico da mancha branca do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular técnica, 167).

COSTA, R.V. da; COTA, L.V.; SILVA, D.D. da; PARREIRA, D.F.; ROCHA, L.M.P. da; GUIMARAES, L.J.M.; GUIMARAES, P.E.; PARENTONI, S.N.; MACHADO, J.R. de A. **Epidemias severas da ferrugem polissora do milho na Região Sul do Brasil na safra 2009/2010**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular técnica, 138).

COSTA, R.V. da; COTA, L.V.; SILVA, D.D. Doenças. In: CRUZ, J.C. (Ed.). **Cultivo do milho**. 8. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. (Embrapa Milho e Sorgo – Sistemas de produção, 2).

COSTA, R.V. da; FERREIRA, A. da S.; CASELA, C.R.; SILVA, D.D. da. **Podridões fúngicas de colmo na cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular técnica, 100).

COSTA, R.V. da; QUEIROZ, V.A.V.; COTA, L.V.; SILVA, D.D. da; LANZA, F.E.; MENDES, S.M.; GUIMARAES, L.J.M. **Atraso na colheita e incidência de grãos ardidos e fumonisinas totais em grãos de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2012. 31 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 57).

Digitalizado com CamScanner

COTA, L.V.; COSTA, R.V. da; SILVA, D.D. da. Manejo de doenças na lavoura. **Agro DBO Tecnologia, Produção & Mercado**, v. 9, p. 40-43, 2012.

COTA, L.V.; COSTA, R.V. da; SILVA, D.D. Uma safrinha imune a doenças. **A Granja**, v. 67, p. 44-47, 2011.

OLIVEIRA, E. de.; FERNANDES, F.T.; PINTO, N.F.J. de A. **Doenças do milho**: identificação e controle. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 84 p.

JULIATTI, F.C.; ZUZA, J.L.M.F.; SOUZA, P.P.; POLIZEL, A.C. Efeito do genótipo de milho e da aplicação foliar de fungicidas na incidência de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, v. 23, p. 34-41, 2007.

MUNKVOLD, G.P.; MARTINSON, C.A.; SHRIVER, J.M.; DIXON, P.M. Probabilities for profitable fungicide use against gray leaf spot in hybrid maize. **Phytopathology**, v. 91, p. 477-484, 2001.

PAUL, P.A.; MADDEN, L.V.; BRADLEY, C.A.; ROBERTSON, A.; MUNKVOLD, G.; SHANER, G.; WISE, K.; MALVICK, D.; ALLEN, T.W.; GRYBAUSKAS, A.; VINCELLI, P.; ESKER, P. Meta-Analysis of yield response of hybrid field corn to foliar fungicides in the U.S. corn belt. **Phytopathology**, v. 101, p. 1122-1132, 2011.

WHITE, D.G. **Compendium of corn diseases** (Third Edition). St. Paul.: American Phytopathological Society, 2000. 78 p.

Digitalizado com CamScanner

14 COLHEITA E ARMAZENAMENTO

Evandro Chartuni Mantovani[1] e *Marco Aurélio Guerra Pimentel*[2]

No processo de colheita, o agricultor deve integrar esta operação ao sistema de produção e planejar todas as fases, para que o grão colhido apresente bom padrão de qualidade. Contudo, várias etapas, como implantação da cultura, transporte, secagem e armazenamento dos grãos, têm de estar diretamente relacionadas (Figura 14.1).

Figura 14.1 - Colheita mecânica do milho.

[1] Engenheiro-Agrônomo, M.S., Ph.D. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo
E-mail: evandro.mantovani@embrapa.br
[2] Engenheiro-Agrônomo, M.S., D.S. e Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo
E-mail: marco.pimentel@embrapa.br

Digitalizado com CamScanner

No escoamento da safra após a colheita, alguns aspectos devem ser levados em consideração, desde o planejamento logístico até as instalações para armazenagem. Em um sistema de produção em que o milho vai começar a ser colhido com o teor de umidade superior a 13%, alguns pontos decisivos devem ser destacados, por exemplo área total plantada e data de plantio de cada gleba; produtividade de cada gleba; número de dias disponíveis para a colheita; número de colhedoras; distância entre os silos e as glebas; número de carretas graneleiras; velocidade da colheita; número de horas de colheita/dia; teor de umidade do grão; capacidade do secador; e capacidade de armazenamento do silo.

O milho está pronto para ser colhido a partir da maturação fisiológica do grão, o que acontece no momento em que 50% das sementes na espiga apresentam pequena mancha preta no ponto de inserção com o sabugo. Todavia, se não houver necessidade de antecipação da colheita, esta deve ser iniciada quando o teor de umidade estiver entre 18% e 20%. Para tal, o produtor deve levar em consideração a necessidade e a disponibilidade de secagem, o risco de deterioração, o gasto de energia na secagem e o preço do milho na época da colheita.

Planejamento da colheita

Para melhorar o rendimento, as áreas devem ser divididas com carreadores, de forma a facilitar a movimentação da colhedora e o escoamento da colheita pelas carretas ou caminhões. Diferença de produtividade das glebas e desuniformidade nas condições da cultura no campo também podem alterar a capacidade efetiva de utilização da colhedora, isto é, a quantidade de milho colhida em determinada área, por unidade de tempo.

A fim de obter boa colheita, devem ser considerados também os seguintes itens: regulagem do espaçamento entre cilindro e côncavo; velocidade de rotação do cilindro; teor de umidade do grão; e qualidade do grão e perdas.

O conjunto formado pelo cilindro e o côncavo constitui-se no que pode ser chamado de "coração" do sistema de colheita e exige

Digitalizado com CamScanner

muita atenção na hora da regulagem (Figura 14.2). O cilindro adequado para a debulha do milho é o de barras, e a distância entre este e o côncavo é regulada de acordo com o diâmetro médio das espigas. A distância deve ser tal que a espiga seja debulhada sem ser quebrada e o sabugo saia inteiro ou, no máximo, quebrado em grandes pedaços.

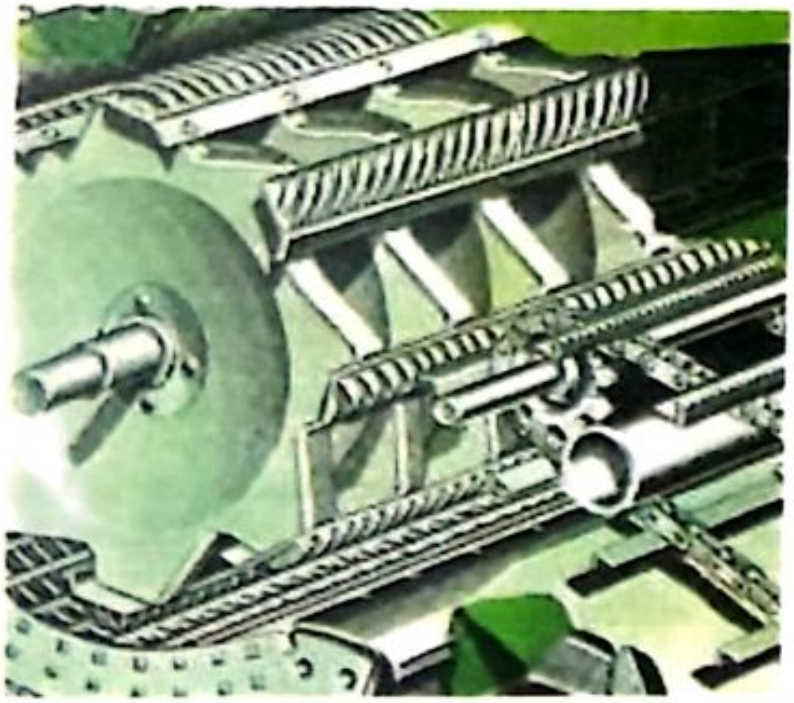


Figura 14.2 - Cilindro e côncavo de uma colhedora automotriz.

Fonte: <http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_agronomicas/villar05/parte04/01.html>

Outro ponto fundamental é relação entre a rotação do cilindro e o teor de umidade. A rotação do cilindro debulhador é regulada conforme o teor de umidade dos grãos, ou seja, quanto mais úmidos, maior será a dificuldade de debulhá-los, exigindo maior rotação do cilindro batedor. À medida que os grãos vão perdendo umidade, eles se tornam mais quebradiços e mais fáceis de ser destacados, sendo necessário reduzir a rotação do debulhador.

Regular a rotação do cilindro e da abertura entre o cilindro e o côncavo é uma decisão entre a opção de perda e grãos quebrados, sem nunca ter os dois fatores 100% satisfatórios. Por exemplo, em caso de sementes, pode-se optar por perda maior, com menos grãos quebrados.

Digitalizado com CamScanner

Pesquisas realizadas na Embrapa Milho e Sorgo, com uma colhedora automotriz, confirmam que, em teores de umidade mais altos (22-24%), há maior dificuldade para se destacar a semente do sabugo, sendo recomendado colher com rotações na faixa entre 600 e 700 rpm. À medida que os grãos vão secando no campo, as rotações mais baixas são recomendadas, pela facilidade de debulhar, além de reduzir risco de danificação mecânica na semente.

No caso da colhedora de cilindro helicoidal, acoplada ao trator, verificou-se que a debulha foi mais eficiente, tendo-se conseguido retirar praticamente todos os grãos dos sabugos, apesar de o mecanismo debulhador não ter regulagem para variação de rotação. Durante a regulagem do sistema de debulha, devem ser verificadas algumas partes da colhedora como: tanque graneleiro, para ver se há grãos quebrados; elevador da retrilha, para saber se há muito material voltando para o sistema de debulha; e saída da máquina, a fim de verificar se está saindo grão preso ao sabugo e se o sabugo está sendo muito quebrado.

Qualidade dos grãos

No final da década de 1970, a Embrapa avaliou os danos mecânicos em grãos de milho durante a colheita. O método utilizado aliava inspeção visual à determinação de um índice de danos, com base na avaliação do poder germinativo de sementes com diferentes categorias de danos.

Os resultados mostraram que, em todas as situações, o índice de danos é menor quando os grãos foram colhidos em rotações mais baixas e com teores de umidade inferiores a 16% (Figura 14.3).

Digitalizado com CamScanner

Figura 14.3 - Grãos de milho colhido mecanicamente.

Fonte: <http://www.regiaonews.com.br/fotos/noticias/153153_0.jpg>.

Verificou-se, também, que a quantidade de grãos com danificação muito severa (grãos quebrados com mais da metade faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro na faixa de 400 a 700 rpm, para a automotriz, e na faixa de 850 a 980 rpm, para a colhedora acoplada ao trator. Entretanto, a danificação dessa categoria foi ampliada à medida que o teor de umidade aumentava de 12% a 14% (dano de 2% a 3%) para 20% a 24% (dano de 6 a 8%), tendo sido maior também na colheita pela máquina acoplada ao trator.

A quantidade de grãos com danos considerados grandes (trincas no embrião, menos da metade do grão faltando) não foi afetada pela rotação do cilindro (550 a 700 rpm) quando o teor de umidade estava alto, começando a ser afetada pela rotação (400 a 550 rpm) nas faixas mais baixas de umidade.

Grãos com danos aparentemente menos severos foram observados em maior quantidade em todos os casos, em teores de umidade mais baixos, mesmo tendo-se usado rotações de cilindro mais baixas. Os resultados mostram que, para rotações do cilindro debulhador entre 400 e 550 rpm e grãos com umidade entre 14% e 20%, o porcentual de danos foi em torno de 25%, considerando a colhedora automotriz. Já no caso da colhedora acoplada ao trator, mais de 50% dos grãos apresentaram esse tipo de dano em todas as situações.

Digitalizado com CamScanner

Perdas

A velocidade de trabalho recomendada para uma colhedora é determinada de acordo com a produtividade da cultura do milho, por causa da capacidade admissível de manusear toda a massa que é colhida junto com o grão. A faixa de velocidade de trabalho varia de 4 a 6 km/h, mas, em colheita, o trabalho é medido em toneladas/hora. Portanto, ao tomar a decisão de aumentar ou diminuir a velocidade, não se deve preocupar com a capacidade de trabalho da colhedora em hectares/hora, mas verificar se os níveis toleráveis de perdas de 1,5 saco/ha para o milho estão sendo obtidos (Figura 14.4).

Figura 14.4 - Perda de espiga durante a colheita mecânica do milho.

Fonte: <http://www.agweb.com/article/harvest_ready/>.

As perdas podem ser classificadas em quatro tipos:

Pré-colheita: O primeiro tipo de perda ocorre no campo sem nenhuma intervenção da máquina de colheita e deve ser avaliada antes de iniciar a colheita mecânica. Objetiva-se, nessa avaliação, saber se um cultivar apresenta ou não problemas de quebramento excessivo de colmo, se é adaptado ou não à colheita mecânica.

Plataforma: As perdas de espigas na plataforma são as que causam maior preocupação, uma vez que apresentam efeito significativo sobre a perda total. Podem ter sua origem na regulagem da máquina de colheita, mas, de forma geral, estão relacionadas com adaptabilidade do cultivar à colhedora (uniformidade da altura da

Digitalizado com CamScanner

inserção de espiga, altura de inserção de espiga, porcentagem de acamamento de plantas, porcentagem de quebramento de plantas), número de linhas das semeadoras, que deverá ser igual ou múltiplo do número de bocas da plataforma de colheita; e parâmetros inerentes à máquina de colheita (velocidade de deslocamento, altura da plataforma, regulagem das chapas de bloqueio da espiga e regulagem do espaçamento entre bocas).

Grão soltos: As perdas de grãos soltos (rolo espigador e de separação) e de grãos no sabugo estão relacionadas com a regulagem da máquina. O rolo espigador, geralmente no final da linha, recebe fluxo menor de plantas e, com isso, debulha um pouco a espiga, ou então a chapa de bloqueio pode estar um pouco aberta e, ou, com espigas menores que o padrão, entrando em contato com o rolo espigador. As perdas por separação são ocasionadas quando ocorre sobrecarga no saca-palha, peneiras – superior ou inferior – um pouco fechadas ou com sujeiras e ventilador com rotação excessiva.

Grãos nos sabugos: Esse tipo de perda ocorre em função da regulagem do cilindro e côncavo e apresenta, como possíveis causas, a quebra do sabugo antes da debulha, grande folga entre cilindro e côncavo, velocidade elevada de avanço, baixa velocidade do cilindro debulhador, barras do cilindro tortas ou avariadas, côncavo torto e muito espaço entre as barras do côncavo.

Nos teores de umidade mais altos, testes indicaram que a perda de grãos no sabugo foi o que mais contribuiu para o aumento da perda total. Por isso, rotações mais altas (600 a 800 rpm) são mais indicadas. Nos teores de umidade mais baixos, a perda de espigas após a colheita foi a maior responsável pelas perdas totais, e a rotação mais indicada está na faixa de 400 a 600 rpm.

A secagem natural do milho no campo traz benefícios, uma vez que economiza energia na secagem artificial, mas, à medida que o milho seca, diminui a concorrência com as plantas daninhas, aumentando a incidência destas. Este fato traz inúmeros problemas para a operação de colheita mecânica, por exemplo o embuchamento das colhedoras com plantas daninhas, impedindo que as máquinas tenham bom desempenho.

Exemplo de cálculo para uso da colhedora: Considerando-se uma colhedora trabalhando a uma velocidade de 5 km/h e com

Digitalizado com CamScanner

plataforma de quatro bocas espaçadas 90 cm entre si, em um campo cuja produtividade é de 6.000 kg/ha, a capacidade teórica de colheita é:

Capacidade teórica = (5.000 m/h x 3,6 m)/(1.000 m/ha) = 1,8 ha/h.

Se no período de uma hora for colhido 1,42 ha de milho, a eficiência de campo é igual a 1,42 x 100/1,8 = 80%.

No caso de colheita mecânica, são aceitáveis valores médios de eficiência de campo entre 70% e 80% ou, em outras palavras, 20% a 30% do tempo perdido em manobras, desembuchamento, consertos, entre outros.

Considerando que as áreas a serem colhidas, de modo geral, apresentam produtividades (t/ha) desuniformes, é importante relacionar a capacidade efetiva de trabalho em colheita em t/h.

Cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho (CET)

Se, por exemplo, determinada colhedora automotriz estiver trabalhando em dois locais diferentes, campos A e B, com produtividades de 7 t/ha e 3 t/ha, respectivamente, e eficiência de campo de 80%, o tempo necessário para colher o campo B poderá ser menor, mas a quantidade colhida, por tempo, é maior em A. Justifica-se, assim, a redução da velocidade de colheita, para evitar embuchamento. Pode-se, então, fazer o seguinte cálculo de Capacidade Efetiva de Trabalho:

Campo A: Velocidade 3 km/h.

CET = (3.000 m/h x 3,6 m x 0,8 x 7.000 kg/ha)/(10.000 m^2/ha) = 6.048 kg/h.

Campo B: Velocidade 5 km/h.

CET = (5.000 m/h x 3,6 m x 0,8 x 3.000 kg/ha)/(10.000 m^2/ha) = 4.320 kg/h.

Digitalizado com CamScanner

Para estimar esta velocidade com colhedoras sem medidores de velocidade (velocímetro), procede-se da seguinte maneira: conta-se o número de passos largos (cerca de 90 cm/passo) tomados em 20 segundos, caminhando na mesma velocidade e ao lado da colhedora; multiplica-se este número de passos por um fator 0,16 para obter a velocidade em km/h.

Velocidade da colhedora (km/h) = n° de passos/20 segundos x 0,16.

Pós-colheita

Após cultivo e colheita, inicia-se a fase de pré-processamento do produto colhido. Nesta etapa, o milho pode estar úmido (com conteúdo de água acima de 20%) ou seco (com conteúdo de água próximo a 13-14%). O produto úmido, ao chegar à unidade armazenadora, é enviado para as operações de pré-limpeza, secagem e limpeza. Posteriormente à secagem e limpeza, ele poderá ser armazenado ou diretamente destinado à indústria, consumo ou produção de ração. O produto seco, que sofreu processo de secagem a campo, poderá ser encaminhado para a limpeza e, em seguida, armazenado. Em algumas ocasiões, quando não há disponibilidade de secadores ou quando o consumo dos grãos for imediato, o produto colhido seco pode ser encaminhado para o armazenamento. Contudo, o processo de limpeza dos grãos antes do armazenamento é prática agrícola recomendada para assegurar a qualidade do produto durante o armazenamento (Figura 14.5). O grão colhido seco e conduzido diretamente ao armazenamento deve ser monitorado quanto à infestação por insetos-praga. Caso exista infestação proveniente do campo, este produto deve ser submetido a tratamento curativo (expurgo) com fosfina (DALPASQUALE, 2002; SILVA, 2008; SILVA et al., 2000; WEBER, 1995, 2005).

Digitalizado com CamScanner

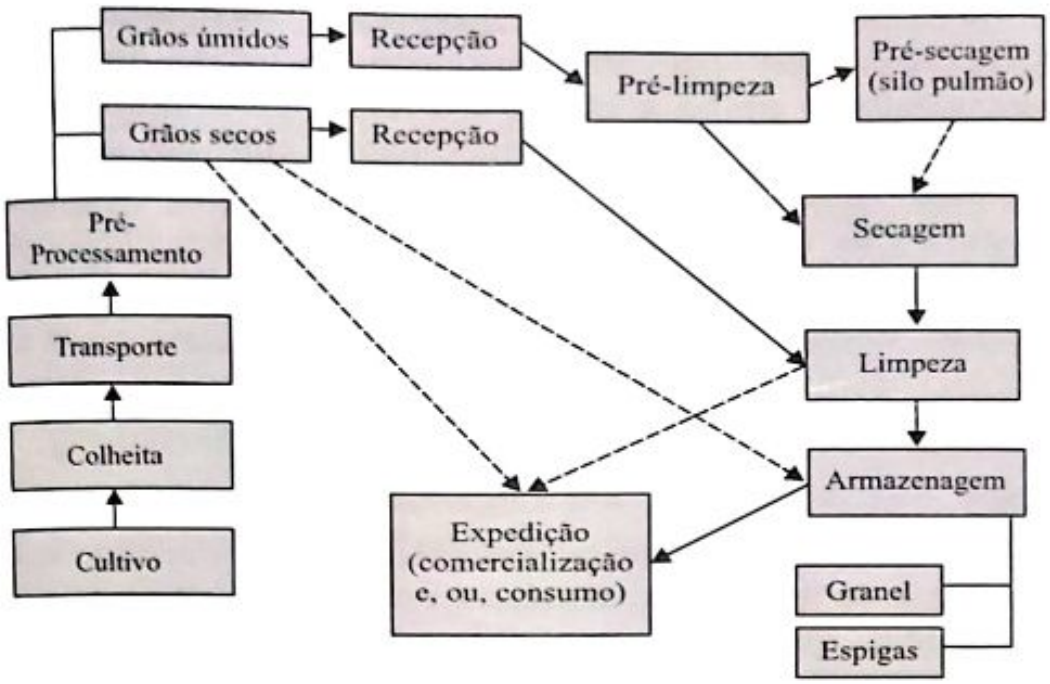


Figura 14.5 - Etapas de produção e pré-processamento de milho.
Fonte: BORÉM et al., 2015.

O tipo de armazenamento ideal depende da necessidade de armazenar grão ou espiga de milho. Além disso, o nível tecnológico do armazenamento será estabelecido de acordo com o volume a ser armazenado e a disponibilidade de recursos para a construção e para os equipamentos que constituirão a unidade armazenadora.

Caso se queira armazenar grãos, pode-se fazer a granel, em silos (metálicos, de alvenaria ou concreto), em armazéns convencionais (sacarias) ou graneleiros e em sistemas temporários, como silo-bolsa. As unidades armazenadoras para recebimento de grãos a granel devem apresentar projetos adequados, estrutura e gerenciamento para atender às etapas de recepção, limpeza, secagem, armazenagem e expedição. Assim, estas unidades devem possuir máquinas de pré-limpeza e secadores, transportadores de grãos (correias transportadoras, elevadores, *redlers* e transportadores helicoidais ou pneumáticos), moegas, silos intermediários (silos-pulmão e silos para seca-aeração), silos e, ou, graneleiros para armazenagem e setor de expedição.

Digitalizado com CamScanner

Se se deseja armazenar espigas, estas podem ser estocadas em paiol ou ensacadas em armazém convencional. Atualmente, o armazenamento do milho a granel é a forma predominante e a mais recomendada. Contudo, como é amplamente cultivado em pequenas propriedades familiares, que geralmente apresentam baixos níveis tecnológicos e de investimento, o milho em espigas é armazenado em estruturas improvisadas ou em paióis, como se pode observar em diversas regiões do país.

Limpeza

O processo de limpeza dos grãos é uma operação que visa reduzir o teor de impurezas, matérias estranhas, restos culturais e de grãos triticados, quebrados ou ardidos do lote a um nível aceitável para a armazenagem e comercialização. Deve-se realizar a limpeza previamente ao armazenamento, com ou sem secagem, para que se garanta a qualidade dos grãos normais e sadios, reduzindo umidade e minimizando contaminações, uniformizando a massa de grãos, para os processos de aeração e, ou, secagem (DALPASQUALE, 2002).

Para cada produto vegetal são estipulados limites de tolerância de impurezas. No caso do milho, estes padrões são preconizados pela Portaria n° 60, de 22/12/2011 (BRASIL, 2011). O enquadramento do grão de milho nos diferentes tipos depende, entre outros fatores, do percentual de impurezas contido no lote de grãos. O milho classificado como tipo 1 deverá apresentar tolerância máxima de 1,0% de matérias estranhas, impurezas e fragmentos; o tipo 2, de 1,5% e o tipo 3, de 2,0%. O produto "sujo", quando classificado, fica enquadrado em tipos inferiores, cujas cotações sofrem baixas substanciais (BRASIL, 2011).

O teor de impurezas de um lote de grãos é determinado no momento da classificação do produto, utilizando-se peneiras indicadas para cada produto. As peneiras recomendadas para classificação oficial do milho, nas análises de grãos quebrados e impurezas, são as de crivos circulares de 5 mm e 3 mm de diâmetro. O teor de impurezas de certo lote é determinado pelo valor percentual de impurezas na amostra (em peso), de acordo com a Equação 14.1:

Digitalizado com CamScanner

Porcentagem de impurezas = Peso de impurezas (g) x 100 / Peso da amostra (g) Equação 14.1

Quando da análise da amostra coletada na recepção das unidades de armazenamento de milho, o porcentual de impurezas é determinado e, dependendo da quantidade de impurezas no lote, pode sofrer descontos, em conformidade com os padrões estabelecidos pelo armazenista ou indústria. Este desconto também pode ser chamado de quebra de impurezas (*QI*). A quebra de massa devido às impurezas de um lote pode ser determinada pela Equação 14.2:

$$QI = (Ii - If) \times 100 / (100 - If)$$ Equação 14.2

em que *QI* = Quebra ou desconto por impurezas; *Ii* = Percentual inicial de impurezas; *If* = Percentual final de impurezas (desejado, normatizado ou estipulado).

A limpeza mecanizada pode ser realizada com o auxílio de máquinas com ventilação, peneiras cilíndricas e através do método mais comum que utiliza máquinas de ar e peneira. As máquinas de limpeza com ventilador e peneira constituem um dos sistemas mais eficientes de limpeza de milho a granel. O sistema de limpeza nas máquinas de ar e peneira atua por peneiramento, no qual são retiradas as impurezas maiores e menores, e por aspiração, em que são extraídas as impurezas leves através do ventilador (Figura 14.6) (DALPASQUALE, 2002, WEBER, 1995, 2005).

Figura 14.6 - Máquina de ar e peneira utilizada para limpeza de grãos a granel.

Foto: Marco Aurélio Guerra Pimentel.

Digitalizado com CamScanner

A limpeza do milho destinado ao armazenamento a granel nas unidades armazenadoras é realizada nas máquinas de ar e peneira, cuja capacidade nominal de limpeza é variável tanto para pré-limpeza quanto para a limpeza, após a secagem. A capacidade nominal de limpeza também varia conforme o teor de água do produto no momento da operação. A capacidade das máquinas de ar e peneira nas operações de pré-limpeza e limpeza, após a secagem, pode variar de cinco a até mais de 100 t por hora.

Secagem

A secagem tem por finalidade reduzir o conteúdo de água dos grãos, diminuindo a deterioração durante o armazenamento pela ação de fungos, bactérias, insetos e pelo processo de respiração dos grãos que provoca perda de massa e gera calor. A operação de secagem permite colher os grãos com maior umidade, liberando a área colhida para plantio de nova lavoura. Além dessa vantagem, através da secagem é possível armazenar os grãos por períodos mais longos, evitando assim o desenvolvimento de fungos e insetos-praga, pela redução do conteúdo percentual de água dos grãos.

A secagem torna-se uma operação crítica quando a colheita é antecipada ou quando os grãos são colhidos com umidade elevada. A secagem inadequada ou a falta de secagem é uma das principais causas de deterioração dos grãos durante o armazenamento. A secagem envolve a retirada parcial da água do grão por transferência de calor do ar de secagem para o grão e, ao mesmo tempo, através do fluxo de vapor de água do grão para o ar ambiente (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001).

Determinação da umidade dos grãos

Determinar o conteúdo de água dos grãos é importante para a comercialização e o armazenamento do produto por períodos prolongados. A massa de um grão de milho é composta pela massa de água de matéria seca. Dessa forma, pode-se determinar o conteúdo de água dos grãos (também denominado umidade do grão) de

Digitalizado com CamScanner

determinado lote, em base úmida (bu), que geralmente é expresso em valores percentuais, pela Equação 14.3:

$$U\,(bu) = (Ma / Mt) \times 100 \qquad \text{Equação 14.3}$$

em que $U\,(bu)$ = Conteúdo de água em base úmida; Ma = Massa de água da amostra; e Mt = Massa total da amostra.

Já o conteúdo de água em base seca (bs), geralmente expresso por valor decimal, é representado pela Equação 14.4:

$$U\,(bs) = (Ma / Mms) \qquad \text{Equação 14. 4}$$

em que $U\,(bs)$ = Conteúdo de água em base seca; Ma = Massa de água da amostra; e Mms = Massa de matéria seca da amostra.

Para realizar as conversões de conteúdo de água de base úmida para base seca e vice-versa, podem-se utilizar as Equações 14.5 e 14.6 a seguir:

$$U\,(bu) = 100 \times [U\,(bs)] / 1 + U\,(bs) \qquad \text{Equação 14.5}$$

$$U\,(bs) = U\,(bu) / 100 - U\,(bu) \qquad \text{Equação 14.6}$$

em que $U\,(bs)$ = Conteúdo de água em base seca; e $U\,(bu)$ = Conteúdo de água em base úmida.

O conteúdo de água expresso em base úmida é utilizado para designações comerciais e estabelecimento de preços. Já o conteúdo de água expresso em base seca é usado em trabalhos de pesquisa e equações de secagem.

O conteúdo de água dos grãos pode ser determinado através de métodos diretos, em que a umidade do produto é retirada pela ação direta do calor, em estufa com ou sem circulação forçada de ar, com temperatura estabilizada em 105±2 °C, durante 24 h ou, ainda, por destilação. O conteúdo de água dos grãos pode ainda ser determinado pelo método indireto, em que a umidade é medida a partir da relação entre a umidade do produto e uma de suas propriedades físicas, geralmente, propriedades elétricas. Os equipamentos mais utilizados baseiam-se em propriedades como a capacitância e a resistência elétrica que os grãos podem oferecer à passagem da corrente. Esses equipamentos são amplamente utilizados pelo fato de permitirem

Digitalizado com CamScanner

obter resultados rápidos, o que é necessário, principalmente, durante a operação de secagem, pela facilidade de uso e manuseio. Entretanto, não dispensam o uso dos métodos diretos para a sua calibração periódica (BROOKER et al., 1992; SILVA, 2008; WEBER, 1995, 2005).

Perda de massa devido à secagem

Na secagem, a água é retirada dos grãos e o conteúdo de matéria seca permanece constante. A matéria seca de um lote de grãos antes da secagem deve ser a mesma após a secagem. Assim, nesse processo, o produto perderá massa (pela retirada de água do grão) e o percentual de perda de massa não poderá ser calculado diretamente. Por exemplo, um lote de grãos de milho com 20% de umidade será submetido à secagem até 13% de umidade. A quebra (perda de massa pela secagem) não será de 7%, mas de 8,05%. O percentual de água retirada pela secagem, ou desconto (quebra), devido à umidade (conteúdo de água) do produto, pode ser determinado pela Equação 14.7:

$$Massa\ de\ água\ retirada = [(Ui - Uf) / (100 - Uf)] \times 100 \qquad \text{Equação 14.7}$$

em que Ui = Conteúdo de água inicial do lote (umidade antes da secagem) e Uf = Conteúdo de água final do lote (umidade após a secagem). O resultado obtido pela equação significa a porcentagem de quebra em peso, devido à saída de água dos grãos.

Para o cálculo da massa de água (quebra de umidade) eliminada durante o processo de secagem, pode-se utilizar a Equação 14.8:

$$Massa\ de\ água\ eliminada = [(Ui - Uf) / (100 - Uf)] \times Mtg \qquad \text{Equação 14.8}$$

em que Ui = Conteúdo de água inicial do lote (umidade antes da secagem); Uf = Conteúdo de água final do lote (umidade após a secagem); e Mtg = Massa total de grãos em peso (quilogramas ou toneladas).

Digitalizado com CamScanner

A temperatura de secagem e o fluxo de ar são parâmetros determinantes da velocidade de secagem. A determinação da temperatura do ar de secagem e da massa de grãos depende dos seguintes fatores: sistema de secagem empregado, tipo de secador, fluxo de ar, umidade inicial do produto e destino final do grão. Quando os grãos apresentam elevada umidade, a temperatura de secagem deve ser menor que se estivessem menos úmidos (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; WEBER, 1995, 2005).

Secagem natural do milho na lavoura

A secagem natural do milho no campo é prática comum no Brasil e ocorre, principalmente, pela facilidade, economia e falta de equipamentos de secagem artificial nas propriedades. Estima-se que de 20% a 30% da produção nacional de grãos seja submetida à secagem artificial e 70% a 80% da produção, secada a campo, de forma natural, permanecendo na lavoura até atingir o percentual de umidade ideal ao armazenamento, ou seja, 13% de umidade.

A secagem do milho na planta é uma alternativa interessante para agricultores que não dispõem de secadores na propriedade ou mesmo para aqueles que plantam o milho para consumo na propriedade na alimentação de animais. Contudo, a manutenção das espigas por tempo excessivo na planta, para secagem natural, prejudica a qualidade do milho pela exposição das espigas a intempéries climáticas, ao ataque de pragas de grãos armazenados e a fungos. Tais fungos podem causar podridões nas espigas e produzir micotoxinas, que comumente intoxicam o homem e os animais, causando doenças e prejudicando o desenvolvimento normal das criações.

A secagem por tempo excessivo do milho na planta, além de prejudicar a qualidade, poderá acarretar perda de massa de matéria seca dos grãos, devido ao processo respiratório. O processo de respiração do grão de milho ocorre pela completa oxidação de carboidratos em água e dióxido de carbono. Com a oxidação dos carboidratos, o grão perde massa de matéria seca, ou seja, perde massa. A perda de massa pela respiração pode ser influenciada pela condição climática local, por características genéticas do cultivar e

Digitalizado com CamScanner

pelo sistema de cultivo. A redução de peso pode ser de até 1% de massa de matéria seca a cada ponto percentual de água reduzido dos grãos. Ou seja, na secagem do milho no campo de 18% de umidade para 13%, há redução de 5% de massa de matéria seca dos grãos ocasionada pelo processo respiratório. No armazenamento, em condições ambientais favoráveis à atividade metabólica dos grãos, como alta umidade e alta temperatura, o fenômeno da respiração é o principal responsável pela deterioração do milho (NIELSEN, 2000, 2008).

O agricultor deve verificar o ponto de colheita do milho para não retardá-la em excesso, observando se as plantas estão secas, as espigas voltadas para baixo e podem ser facilmente quebradas da planta. Outra forma fácil de observar quando o milho está no ponto de colheita é quando os grãos não se deixam riscar pela unha. Neste ponto, o milho deverá apresentar cerca de 13% a 14% de umidade, que é o recomendado para o armazenamento.

Em algumas regiões do Brasil, onde ocorrem chuvas na época da colheita ou quando há excesso de chuvas durante o cultivo, dependendo da época de plantio, a secagem natural do milho na planta pode acarretar problemas à qualidade dos grãos. O milho cultivado em regiões onde é comum a ocorrência de chuvas ou há umidade elevada no período da colheita pode sofrer maior incidência de fungos e de grãos ardidos. Nesse caso, é interessante colhê-lo e secá-lo artificialmente em secadores, bem como avaliar a condição climática e as possibilidades de o agricultor antecipar a colheita. Entretanto, o milho cultivado na segunda safra (safrinha) na região Centro-Oeste apresenta menor incidência de grãos ardidos, devido à condição climática de baixa umidade relativa na época da colheita, que favorece a secagem natural do milho na planta, dispensando, na maioria das vezes, secagem artificial.

A secagem natural do milho na planta é uma opção interessante, que deve ser analisada pelo agricultor, considerando a época do plantio e colheita (safra ou safrinha), o investimento realizado na lavoura, a condição climática local durante o cultivo, a época de colheita, a conjuntura econômica da cultura e a disponibilidade de secadores na propriedade ou na região. A grande desvantagem da secagem natural dos grãos no campo é a dependência das condições climáticas e a maior exposição dos grãos e espigas aos

Digitalizado com CamScanner

insetos e aos fungos. Maior vantagem é a menor ocorrência de grãos trincados ou quebrados (PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Secagem artificial do milho

A secagem artificial do milho consiste no uso de estratégias que aceleram o processo de perda de água dos grãos. O milho geralmente é colhido com 25% de umidade e deve ser seco até 13%. Com o auxílio de secagem artificial, pode-se conservar o produto por até mais de um ano com este conteúdo de água.

A forma mais comum de secagem artificial consiste no uso de secadores. Esses aparelhos apresentam, como principais componentes estruturais, um sistema de aquecimento do ar, que pode ser composto de fornalhas à lenha, queimadores a gás (GLP), caldeiras ou sistemas de aquecimento solar; ventiladores, que compõem o sistema de movimentação e insuflação de ar; além de transportadores de grãos, como elevadores de caçambas, transportadores helicoidais, fitas ou correias transportadoras.

Na secagem de grãos à baixa temperatura, o ar é aquecido a no máximo 8 °C a 10 °C acima da temperatura ambiente. No caso da secagem à baixa temperatura em silo secador, o agricultor deve considerar as regiões do país em que se encontra e a época do ano em que se está realizando a secagem. Em regiões que apresentam temperaturas próximas a 30 °C e umidade relativa do ar abaixo de 50-60%, como nas épocas de seca, a secagem dos grãos com o ar ambiente é favorecida nestas condições. Dessa forma, é fundamental analisar a condição climática local, pois o grão de milho entrará em equilíbrio higroscópico com as condições do ar ambiente, pode secar naturalmente ou adsorver e absorver umidade do ambiente. De acordo com a Tabela 14.1, podem-se observar os valores de umidade do milho em equilíbrio com as condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Digitalizado com CamScanner

Tabela 14.1 - Valores de conteúdo de água (umidade) de equilíbrio do milho (%) em função da temperatura (°C) e umidade relativa (%) do ar ambiente

T (°C)	Umidade relativa (%)													
	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90
24	7,2	8,0	8,7	9,5	10,3	11,0	11,8	12,6	13,4	14,3	15,2	16,3	17,5	19,1
26	7,1	7,9	8,6	9,4	10,1	10,9	11,6	12,4	13,2	14,1	15,0	16,1	17,3	18,8
28	7,0	7,8	8,5	9,3	10,0	10,7	11,5	12,3	13,1	13,9	14,9	15,9	17,1	18,6
30	6,9	7,7	8,4	9,1	9,9	10,6	11,3	12,1	12,9	13,8	14,7	15,7	16,9	18,4
32	6,8	7,6	8,3	9,0	9,8	10,5	11,2	12,0	12,8	13,6	14,5	15,5	16,7	18,2
34	6,7	7,5	8,2	8,9	9,6	10,4	11,1	11,8	12,6	13,4	14,4	15,4	16,6	18,0
36	6,6	7,4	8,1	8,8	9,5	10,2	11,0	11,7	12,5	13,3	14,2	15,2	16,4	17,9
38	6,6	7,3	8,0	8,7	9,4	10,1	10,8	11,6	12,3	13,2	14,1	15,0	16,2	17,7
40	6,5	7,2	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5	12,2	13,0	13,9	14,9	16,0	17,5

Digitalizado com CamScanner

A secagem do milho à baixa temperatura pode ser realizada diretamente em silos metálicos, que possuem, na parte inferior, uma câmara *plenum* (fundo falso) com chapa perfurada, com capacidade estática máxima de 300 t (aproximadamente 5.000 sacas) e altura máxima de 6 m. Este tipo de sistema de secagem recebe grãos com menos de 20% de umidade e apresenta fluxo de ar de secagem variável. Contudo, recomendam-se valores entre 1,0 e 10 m^3 min^{-1} t^{-1} de milho. A secagem à baixa temperatura é uma prática que também pode ser utilizada para sementes de milho. O silo secador deve possuir aberturas (suspiros) no telhado para saída do ar úmido proveniente da secagem dos grãos. Neste tipo de secador, a secagem do milho é mais lenta, quando se compara com sistemas de secagem com alta temperatura, e pode ser realizada de 15 a 30 dias, dependendo das condições locais de temperatura e umidade relativa do ar e da vazão do ar de secagem.

Nesse sistema, o milho pode ser seco em camada única ou pelo enchimento gradual do silo por mais de uma camada. A secagem do milho através do enchimento do silo por camadas é um método mais rápido e exige menor fluxo de ar. Contudo, deve-se ter maior cuidado e controle do processo de secagem. O processo de secagem em camada única pode exigir ainda o revolvimento do produto em regiões com umidade relativa média inferior a 60% ou onde há necessidade de aquecimento do ar de secagem. Nesses casos, o revolvimento pode ser realizado através de um equipamento composto de uma ou mais roscas verticais.

A secagem com alta temperatura é realizada com aquecimento do ar de secagem superior a 10 °C, com variações na temperatura de acordo com a destinação final do produto. O aquecimento do ar de secagem pode ser feito utilizando-se fornalhas à lenha, queimadores a gás (GLP), através de energia solar e de caldeiras. A temperatura de secagem do milho destinado à semente deve ser inferior a 44 °C, para não comprometer o vigor e a germinação das sementes. No caso de grãos de milho que se destinam à indústria de moagem na produção de gritiz (grãos de milho selecionados e processados) e derivados para alimentação humana, a temperatura de secagem deve ser inferior a 55 °C. Os grãos de milho destinados à fabricação de ração animal devem ser submetidos à temperatura de secagem inferior a 82 °C, para não comprometer a qualidade e aumentar o percentual de grãos

Digitalizado com CamScanner

quebrados (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005). No caso do milho, atualmente, existem secadores de pequeno porte, com capacidades que variam de menos de 6,0 t h^{-1} até secadores de grande porte, com capacidade de aproximadamente 200 t h^{-1}. Nestes secadores, a temperatura do ar de secagem pode variar de 40 °C até 100 °C; contudo, recomenda-se não ultrapassar a temperatura máxima dos grãos durante a secagem de acordo com a finalidade a que se destina o milho (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Os secadores de leito fixo atuam com temperatura do ar de secagem superior ao ar ambiente acima de 10 °C, com camada de grãos inferior a um metro de altura. Esse tipo de secador é de baixo custo operacional e de instalação; fácil construção; possibilidade de armazenar o produto no próprio secador; e a secagem se processa da base para o topo da massa de grãos e em camadas, de acordo com a frente ou zona de secagem. Abaixo da zona de secagem encontram-se os grãos secos e com alta temperatura e, acima, os grãos úmidos e com baixa temperatura. A Embrapa Suínos e Aves disponibiliza um modelo de secador de grãos em cimento, de fácil construção e baixo custo (OLIVEIRA; MARTINS, 1992). Maiores informações sobre este secador se encontram na publicação disponibilizada no endereço: http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot193.pdf.

No processo de secagem, as recomendações para os grandes e pequenos agricultores também são as mesmas, considerando que ambas as categorias de produtores armazenam os grãos a granel e em silos grandes ou pequenos. Os principais problemas ocorrem devido à demora no início do processo de secagem, mantendo os grãos úmidos e, muitas vezes, tampados sob lonas, nas carrocerias dos caminhões, favorecendo o desenvolvimento de fungos produtores de micotoxinas, que se multiplicam rapidamente em condições de umidade e temperatura elevada. Outro ponto que afeta a qualidade do grão está relacionado à pretensão de se proceder à secagem rapidamente, aumentando excessivamente a temperatura de secagem e causando trincas e, ou, quebra nos grãos.

Recomenda-se, antes de iniciar o processo de secagem, realizar uma boa limpeza do milho para que a operação transcorra sem problemas. Os grãos limpos, além de proporcionarem secagem mais

Digitalizado com CamScanner

adequada, evitam também problemas durante a armazenagem do milho, pois o estoque com impurezas favorece o ataque de insetos e fungos.

A limpeza e inspeção do secador antes da recepção da safra, o planejamento das operações e o monitoramento do secador durante a operação de secagem são operações fundamentais e devem ser consideradas independentemente da escala da produção. O treinamento dos operadores de secadores é também fundamental para garantir a qualidade do produtor e maximizar o consumo e os custos com energia, visto que a secagem é uma operação que demanda elevada quantidade de energia (BROOKER et al., 1992; PORTELLA; EICHELBERGER, 2001; PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Aeração

A aeração consiste na movimentação do ar através da massa de grãos, com o objetivo de modificar o microclima intergranular, desfavorecendo o desenvolvimento de fungos e insetos e reduzindo o uso de agrotóxicos na massa de grãos. Atualmente, a aeração é o controle ambiental mais utilizado para preservar a massa de grãos, mantendo a qualidade da massa de grãos a granel por longos períodos (BROOKER et al., 1992; LORINI et al., 2002; PUZZI, 2000).

Os sistemas de aeração mais utilizados no armazenamento de grãos e cereais estão presentes em silos metálicos, graneleiros, silos elevados de concreto e de alvenaria e armazéns graneleiros de fundo plano. O sistema de aeração é composto por um conjunto de dutos de aeração, dutos de alimentação, ventilador e um equipamento de controle das operações do ventilador.

Os dutos de aeração são perfurados e podem apresentar diferentes conformações de acordo com a estrutura armazenadora. O fluxo de ar recomendado para o processo de aeração varia conforme a estrutura armazenadora (tipo do armazém), o produto e o objetivo da aeração. A aeração com fins de resfriamento da massa de grãos deverá ter fluxo de ar que varia de 3 a 6 m^3 (h^{-1} t^{-1}) para armazém vertical e de 6 a 12 m^3 (h^{-1} t^{-1}) para armazém horizontal. A aeração de manutenção deverá adotar fluxo de ar entre 15 e 30 m^3 (h^{-1} t^{-1}) em armazéns

Digitalizado com CamScanner

horizontais ou verticais e, para fins de fumigação com recirculação de ar, recomenda-se fluxo de ar de 1,5 m^3 (h^{-1} t^{-1}) (BROOKER et al., 1992; PUZZI, 2000; SILVA, 2008; WEBER, 1995, 2005).

Armazenamento a granel

Atualmente, tem sido a forma mais comum de armazenar o milho, devido aos avanços tecnológicos disponíveis aos produtores, como colheitadeiras e estruturas de armazenamento/secagem de grãos. O armazenamento do milho a granel é apropriado para produções em maior escala; contudo, pode também ser adotado por agricultores que desejam armazenar sua produção na fazenda. Pode ser feito em silos aéreo ou subterrâneo, armazéns convencionais (sacarias), sistema hermético e em sistemas de armazenagem temporária (PUZZI, 2000; WEBER, 1995, 2005).

Silos metálicos

É o método mais seguro de armazenamento, permitindo maior controle da qualidade, devido à facilidade de associação com sistemas de secagem com ar forçado, sistema de aeração e de controle de temperatura (termometria). Pode ser vertical ou horizontal, de acordo com a proporção altura:largura. O silo vertical possui proporção de 2:1, podendo ser de chapa metálica, alvenaria ou de concreto. O silo horizontal, ou graneleiro, é baixo, de base maior e não vedado, o que dificulta a fumigação.

Os silos metálicos são muito utilizados e possuem capacidade estática bastante variável, ou seja, de 16 até mais de 13.000 t de capacidade, ampliando assim a oferta por armazenagem desde agricultores, que armazenam na fazenda, até grandes cooperativas e agroindústrias (Figura 14.7). Em grandes unidades armazenadoras, os silos metálicos podem ser dispostos em conjuntos circulares ou lineares.

Digitalizado com CamScanner

Figura 14.7 - Unidade armazenadora com conjunto de silos metálicos e transportadores.

Foto: Marco Aurélio Guerra Pimentel.

No descarregamento dos grãos, o milho pode ser seco após o enchimento completo do silo em lotes ou em camadas. Quando se adota a secagem em lotes (silo cheio), esta é lenta e, portanto, a umidade do grão deve ser de, no máximo, 20%, o que reduzirá o desenvolvimento de patógenos em pós-colheita. A secagem também pode ser feita em camadas, de forma a realizá-la numa massa de grãos, interrompendo o enchimento do silo, até que esta camada esteja seca. Em seguida, é descarregada nova camada de grãos e faz-se nova secagem. Isso se repetirá até que se atinja o limite de armazenagem do silo.

Na secagem em camadas, recomenda-se a aeração de manutenção nos grãos que aguardam a secagem. A secagem de ambos os processos poderá ocorrer em temperatura ambiente, com o ventilador ligado ao mesmo tempo em que o silo é enchido. Ao se associar um aquecedor ao ventilador, realiza-se secagem com ar aquecido, acelerando esta etapa do processo, porém correndo-se o risco de secar o milho além do recomendado. A secagem com ar aquecido deve ser seguida de seca-aeração, a fim de reduzir a

Digitalizado com CamScanner

temperatura da massa de grãos, ainda um pouco úmida, mais rapidamente. Durante o armazenamento, a massa de grãos tende a ter temperatura elevada naturalmente, devido à liberação de calor proveniente do processo respiratório. Deve-se proceder à aeração de resfriamento quando existir gradiente de temperatura superior a 5 °C entre a massa de grãos e a temperatura externa, no próprio silo de armazenagem ou com a transferência da massa de grãos para outro silo (transilagem) (SINHA; MUIR, 1973; BROOKER et al., 1992).

Os silos de alvenaria são mais recomendados para armazenagem em fazenda (OLIVEIRA; MARTINS, 1991; SANTOS, 2004). Este tipo de silo é de fácil construção e manejo, além de baixo custo. O tamanho varia conforme a necessidade do produtor; contudo, é comum encontrar projetos circulares, com diâmetro de 2,0 a 3,0 m e altura de cilindro de 3,0 m, o que corresponde a uma capacidade estática de aproximadamente 14 a 16 t de milho. Maiores informações sobre modelos de silo de alvenaria para armazenamento de milho e outros grãos podem ser obtidas nas publicações disponibilizadas no endereço: http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/suino/comtec/cot181.pdf. Maiores informações sobre armazenagem na fazenda podem ser conseguidas no documento: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2004/circular/Circ_55.pdf.

Armazenamento de espigas

É um método mais empregado em pequenas propriedades, com baixo investimento tecnológico, requerendo atenção durante o período de armazenamento, devido às maiores perdas inerentes ao sistema. O empalhamento das espigas favorece a conservação, desfavorecendo o ataque de pragas. As estruturas para o armazenamento do milho em espigas caracterizam-se pelo baixo custo (aproveitando materiais da propriedade), durabilidade, presença de barreiras contra a penetração de ratos (chapéu chinês e folhas de zinco), arejamento, facilidade no controle de pragas e manejo da carga e descarga. É apropriado para a alimentação de animais na propriedade ou para estocagem e comercialização. Permite ao agricultor colher o milho com umidade elevada (18%), ocorrendo continuação da secagem natural já no paiol. Em caso de colheita das

Digitalizado com CamScanner

espigas com umidade inferior a 16%, são mínimos os problemas com fungos, desde que o paiol possua boa ventilação. Pode ser feito em paiois abertos (espigas com palha), paiois fechados (espigas sem palha) ou em armazéns (SANTOS, 2004, 2008a).

Os paiois com aberturas ou telados, apresentando possibilidade de aeração e ventilação natural, são os modelos mais apropriados para o armazenamento do milho em espigas com palha. A palhada promove proteção adicional aos grãos, possibilitando que o produtor possa esperar melhor época para consumo ou comercialização. Os materiais utilizados para construção deste tipo de estrutura podem ser madeira, bambu, alvenaria ou materiais reaproveitados. Com exceção dos paiois de alvenaria, os demais possuem frestas para circulação de ar e são construídos sobre colunas de 0,8 a 1,0 m de altura do nível do solo. Independentemente do material utilizado para sua construção, tais colunas devem ser fixadas em sapatas de concreto.

No momento do armazenamento, o produtor deve classificar as espigas, separando aquelas bem empalhadas das mal empalhadas. A palha da espiga serve como proteção natural contra insetos. Assim, o produtor deverá utilizar primeiro as espigas que estão com pouca palha ou estão com a palha danificada, separadando as espigas que se apresentam bem empalhadas, com a palha cobrindo toda ela sem falhas ou aberturas que permitam a entrada de insetos. As espigas devem ser armazenadas quando os grãos apresentarem teor de umidade de 13% a 14%.

Antes de colocar o milho no paiol, o produtor deve limpar o local de armazenamento, os equipamentos, o maquinário e as ferramentas utilizadas para manuseio e acondicionamento do milho. Manter a limpeza é uma das principais medidas para armazenar os grãos com qualidade. Dependendo da necessidade, o produtor pode reservar diferentes locais para o armazenamento de milho em espigas. Contudo, essas estruturas de armazenamento devem apresentar as seguintes características: serem cobertas, duráveis, terem baixo custo (aproveitando materiais da propriedade) e apresentarem barreiras contra a penetração de ratos (chapas de zinco ou chapéu chinês). As estruturas devem ser arejadas, estarem localizadas fora de locais úmidos ou com goteiras; terem capacidade ajustada à produção da

Digitalizado com CamScanner

propriedade e facilidade para o controle de pragas; e permitirem o carregamento e a descarga do milho de forma simples.

A Embrapa Milho e Sorgo, em parceria com a Emater-MG, desenvolveu um modelo de paiol, o paiol "Balaio de Milho", para armazenagem de milho, o qual reúne várias características muito desejáveis e constitui, no momento, uma interessante opção para o agricultor familiar armazenar o seu milho (Figura 14.8). O uso do paiol "Balaio de Milho" resolve o problema de pragas, como insetos, fungos e ratos, com baixo custo (SANTOS, 2008b). Maiores informações sobre a construção e uso do paiol "Balaio de Milho" estão disponíveis no endereço: http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2008/circular/Circ_99.pdf.

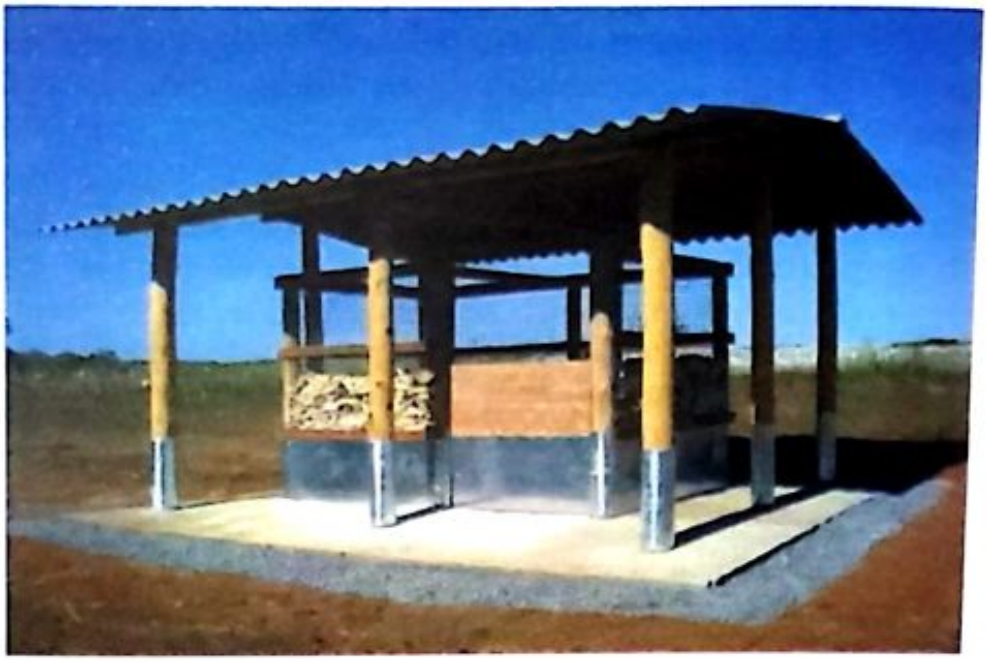


Figura 14.8 - Paiol "Balaio de Milho" desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo e Emater-MG, com revestimento de folhas de zinco como barreiras contra penetração de ratos.

Foto: Jamilton Perreira dos Santos

Ao construir um paiol de alvenaria, devem-se seguir recomendações da construção de armazéns, com impermeabilização do piso, que deve estar a 30-40 cm do nível do solo. Suas paredes

Digitalizado com CamScanner

podem ser de tijolos furados ou de tijolos maciços, afastados de 2,0 a 3,0 cm. Nas duas opções, o início de sua colocação deve ser a partir de 80 cm do nível do solo. As portas e janelas devem estar acima do dispositivo anti-ratos.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 60 de 22.12.2011**, Brasília, DF, 2011.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: van Nostrand Reinhold, 1992. 450 p.

COSTA, R.V.; COTA, L.V.; ROCHA, L.M.P.; NOLASCO, A.A.R.; SILVA, D.D.; PARREIRA, D.F.; FERREIRA, P. **Recomendação de cultivares de milho para a resistência a grãos ardidos**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular Técnica, 154).

DALPASQUALE, V.A. Procedimentos essenciais de recepção e limpeza de grãos. In LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. **Armazenagem de grãos**. Campinas, SP IBG, 2002. 1.000 p.

LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. **Armazenagem de grãos**. Campinas, SP: Instituto Biogeneziz, 2002. 1.000 p.

MANTOVANI, E.C.; PIMENTEL, M.A.G. Colheita. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. (Ed.). **Milho**: do plantio à colheita. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. P. 323-351.

NIELSEN, R.L. **Field drydown of mature corn grain**. Corny News Network: Purdue Univ., 2000. Disponível em: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainDrying.html>. Acesso em: 25 Jul. 2011.

NIELSEN, R.L. **Grain fill stages in corn**. Corny News Network: Purdue Univ. 2008. Disponível em: <http://www.kingcorn.org/news/timeless/GrainFill.html>. Acesso em: 26 Jul. 2011.

OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R. **Secador de grãos pré-fabricados em cimento para pequenas propriedades**. Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1992. 4 p. (Embrapa Suínos e Aves – Circular Técnica, 193).

OLIVEIRA, P.A.V.; MARTINS, R.R. **Silo de alvenaria para armazenamento de milho.** Concórdia, SC: Embrapa Suínos e Aves, 1991. 3 p. (Embrapa Suínos e Aves, Circular Técnica, 181).

PINTO, N.F.J.A. **Reação de cultivares com relação à produção de grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Comunicado Técnico, 144).

PORTELLA, J.A.; EICHELBERGER, L. **Secagem de grãos**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, 2001. 194 p.

Digitalizado com CamScanner

PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Edição atualizada. Campinas, SP: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.

SANS, L.M.A.; GUIMARÃES, D.P. **Zoneamento agrícola**. 6. ed. Sete Lagoas, MG: Embrapa milho e sorgo. 2010 (Sistema de Produção, 1 – Versão Eletrônica Set. 2010).

SANTOS, J.P. **Armazenagem de milho a granel na fazenda**. Sete Lagoas, MG. Embrapa Milho e Sorgo. 2004. 6 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular Técnica, 55).

SANTOS, J.P. Controle de pragas durante o armazenamento de milho. In: CRUZ, J.C.; KARAM, D.; MONTEIRO, M.A.R.; MAGALHÃES, P.C. **A cultura do milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008a. p. 257-302.

SANTOS, J.P. **Paiol Balaio de milho**: prevenção contra caruncho e roedores. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2008b. 9 p. (Embrapa Milho e Sorgo – Circular Técnica, 99).

SILVA, A.A.L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento**. 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1997.

SILVA, J. de S.; BERBERT, P.A.; AFONSO, A.D.L.; RUFATO, S. Qualidade de grãos. In: SILVA, J. de S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2000. p. 63-105.

SILVA, J.S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2008. 560 p.

SINHA, R.N.; MUIR, W.E. **Grain storage**: part of a system. Westport: The AVI Publishing Co., 1973. 481 p.

WEBER, E.A. **Armazenagem agrícola**. Porto Alegre: Kepler Weber Industrial, 1995. 400 p.

WEBER, E.A. **Excelência em beneficiamento e armazenagem de grãos**. 2005. 586 p.

Digitalizado com CamScanner

COMERCIALIZAÇÃO DE *COMMODITIES* AGRÍCOLAS E GESTÃO DE RISCOS

15

Fernando Lobo Pimentel[1]

A comercialização de *commodities* agrícolas, da forma como conhecemos hoje, teve um forte impulso no pós-guerra, depois da "revolução verde" patrocinada pela Fundação Rockefeller e protagonizada pelo Engenheiro-Agrônomo Norman Ernest Borlaug. Os impactos socioeconômicos positivos, observados nos países menos desenvolvidos onde os primeiros projetos foram implementados, sobretudo no México, renderam ao Dr. Norman o Prêmio Nobel da Paz em 1970.

De forma resumida, a proposta básica da "revolução verde" era modernizar a agricultura por meio do desenvolvimento de novas técnicas de plantio, pesquisas em melhoramento genético de sementes, mecanização das atividades agrícolas, beneficiamento da produção etc. Em suma, todas as suas premissas e ações eram voltadas para o crescimento da produtividade, a melhoria da qualidade e padronização da produção. Nesse contexto, o superávit da produção ampliou substancialmente a oferta de alimentos, sobretudo dos grãos, criando um ciclo virtuoso entre maior oferta, redução dos preços, aumento da

[1] Engenheiro-Agrônomo, Advogado e MBA-Executivo, Professor Convidado da BM&F Educacional, Insper – Educação Executiva e PECEGE Esalq-USP. Membro da Câmara de Crédito, Comercialização e Seguros do Ministério da Agricultura, Sócio Diretor da Consultoria-Agrosecurity Gestão de Agro-Ativos e Agrometrika Tecnologia e Serviços de Crédito E:mail: fernando.pimentel@agrosecurity.com.br

Digitalizado com CamScanner

demanda e consequente evolução das cadeias produtivas, locais e globais. A partir da criação desse superávit de produção abriu-se espaço para uma intensa troca de mercadorias, o que exigiu melhor organização e normatização dos mercados, seja através de normas específicas aplicadas a cada cadeia (Algodão (ICA), Café (ICC), Soja (FOSFA) etc.) ou por um regramento genérico coordenado pela OMC (Organização Mundial do Comércio). Olhando para o passado, é possível visualizar, na Figura 15.1, o que significou a chamada revolução verde.

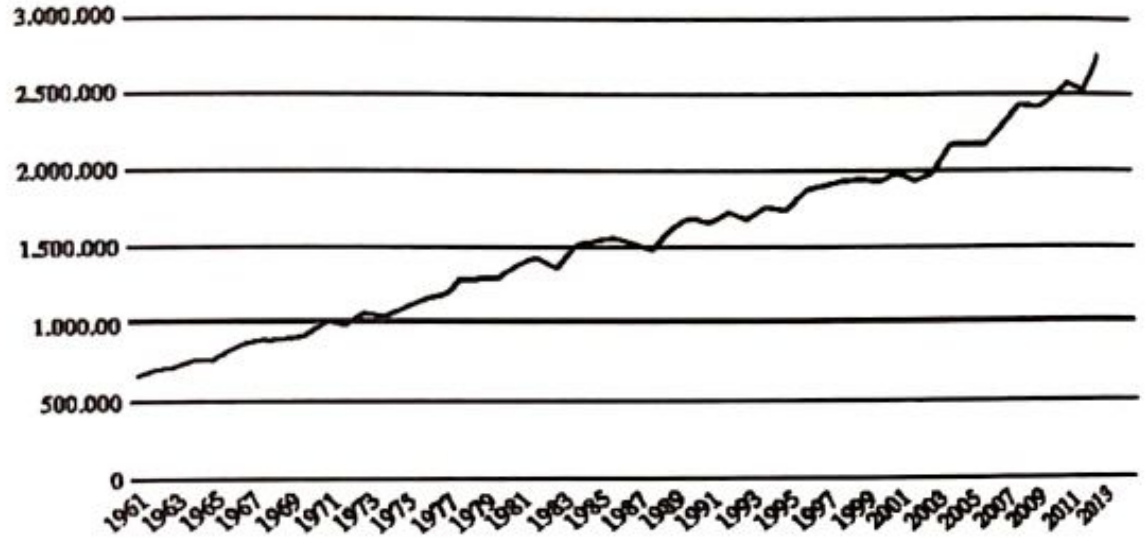


Figura 15.1 - Evolução da produção mundial de grãos (milhões de ton.) – 1961-2013.

Fonte: USDA, 2014

A partir do crescimento da produção mundial associado à melhoria dos padrões de qualidade das safras, seu escoamento e armazenagem, começou-se a difundir o conceito da comoditização da produção, padronização de contratos e normatização dos mercados físicos dos produtos. Esse foi um passo fundamental para que o Brasil pudesse expandir a sua produção de soja, café, algodão, milho e laranja, culturas de exportação que atendem aos padrões internacionais. Vale ressaltar que a regulamentação também serviu, e ainda serve, para criar barreiras não tarifárias aplicadas muitas vezes sob o manto da proteção sanitária. Esse fato ocorre com certa frequência no mercado de carnes, mas, nos últimos anos, com o advento das sementes transgênicas,

Digitalizado com CamScanner

também tem sido usado para impor restrições a algumas variedades OGM (Organismos Geneticamente Modificados) por determinados países importadores. Essa diferenciação de produtos pela via da transgenia pode, em um segundo momento, iniciar um movimento de modificação substancial dos produtos, na contramão da comoditização, mas, por enquanto, os principais OGMs têm como objetivo a melhoria da produtividade, preservando as características das *commodities* em sua essência.

Definição de *commodity* agrícola

Trata-se do produto agrícola básico negociado em grande escala comercial normalmente com alta liquidez, sendo fungível ou intercambiável com outras mercadorias do mesmo tipo, mais frequentemente utilizado como insumo para a produção de outros bens através do beneficiamento e, ou, industrialização. A qualidade do produto pode ser ligeiramente diferente, mas é essencialmente uniforme. Quando são operados em bolsas de mercadorias ou futuros, as *commodities* normalmente atendem aos padrões mínimos especificados nos contratos, também conhecidos como padrão base.

O mercado físico

Também conhecido como mercado *spot, cash*, disponível ou à vista, é a condição negocial onde se transaciona uma determinada *commodity* por pagamento em espécie (dinheiro) ou em gênero (insumos agrícolas) nas chamadas operações de "troca". As trocas, bastante praticadas no mercado a termo, são menos comuns no mercado físico, mas eventualmente ocorrem nas operações com produtos de menor liquidez, como sorgo, arroz, trigo, sem descartar também a soja e o milho. Vale ressaltar que as trocas, sob o ponto de vista tributário, não existem, sendo interpretadas como operações independentes de compra e venda de insumos e produção.

Sob o ponto de vista da qualidade, diante do que foi exposto na definição de *commodity*, no mercado físico, busca-se alcançar os padrões definidos pelos contratos das bolsas e vice-versa, haja vista que

Digitalizado com CamScanner

as bolsas não podem exigir um nível de qualidade da produção fora da realidade do campo, sob o risco de não alcançarem a liquidez necessária ao sucesso dos seus contratos.

É no mercado físico que os elementos fundamentalistas, como oferta/demanda e custo logístico, se expressam da forma mais evidente. O custo de transporte, armazenagem, qualidade e liquidez do mercado interferem diretamente nos prêmios (base ou *basis*), que são fatores de ajustes aplicados aos preços das bolsas para refletir a realidade de mercado nos pontos de entrega da produção, seja na origem ou no destino. Pela aplicação do *basis* é possível, por exemplo, usar a mesma cotação na bolsa de Chicago para precificar uma soja em Rondonópolis-MT, Dalian na China ou Roterdam na Holanda. Sem esse "fator de ajuste", aceito pelo mercado, não seria possível operar no mercado físico com a dinâmica que ele exige.

O conceito de Base

Segundo Miceli (2008, p. 68-69), o conceito de Base pode ser dividido em duas partes: a primeira trata da diferença entre o preço da mercadoria negociada na bolsa, que tem um ponto geográfico de formação de preço, e o preço praticado fora desse ponto; a segunda é a diferença entre o preço do mercado físico e o do futuro. Os fatores que determinam essa diferença podem variar de um local a outro. São eles: oferta e demanda do produto e dos seus substitutos; disparidades geográficas; frete; meios de transporte alternativos; capacidade de estocagem; qualidade do produto em diferentes locais; expectativa de preço; precocidade da safra em um determinado local e taxa de juros.

A Figura 15.2 exemplifica a valoração da soja em relação a Peoria-Illinois-EUA, um ponto de entrega para a Bolsa de Chicago.

Digitalizado com CamScanner

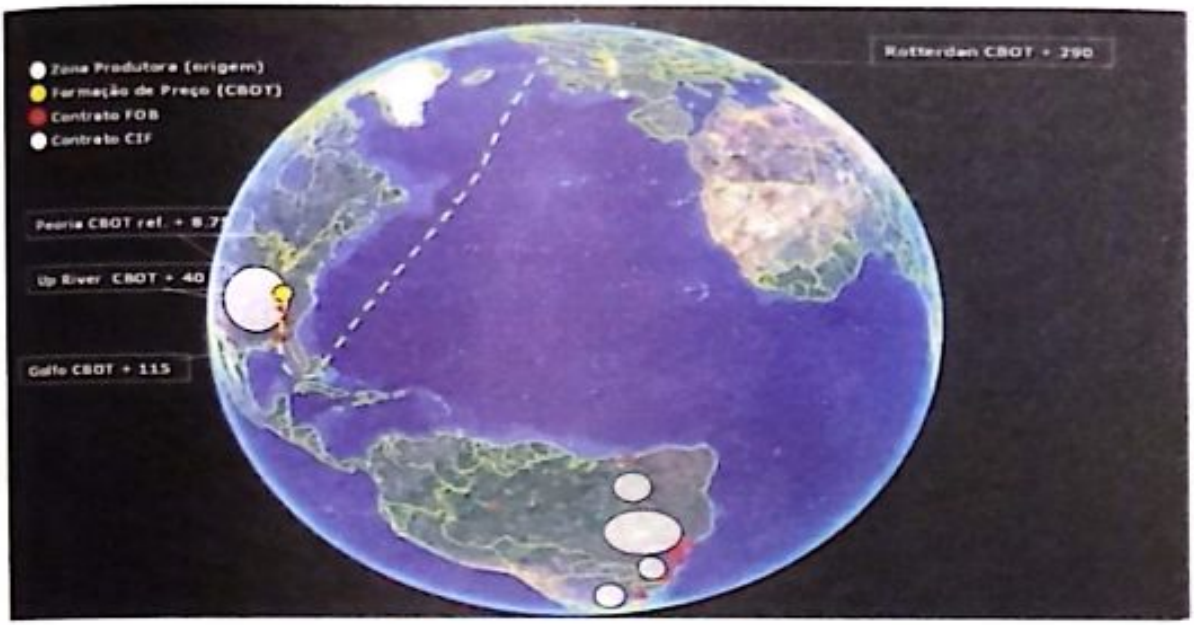


Figura 15.2 - Diferença entre o preço da mercadoria na Bolsa e fora dela.

A Figura 15.2 apresenta o meio-oeste americano como origem e Roterdã na Holanda como destino para a comercialização de soja. Nas diretrizes do contrato futuro de soja na CBOT (Chicago Board of Trade), a valoração das entregas em Peoria deve considerar um acréscimo de USD0,0875 (oito centavos e ¾ de dólar) por *bushel*[2] de soja sobre o valor final do contrato. Esse valor deve ser adicionado ao valor referencial do contrato no vencimento da bolsa. Se a liquidação da operação ocorre, por exemplo, no valor de USD10,00/bushel, então esse lote terá o valor de USD10,0875/*bushel* depois de considerado o *basis* (prêmio).

Ao descer o Rio Mississipi, observa-se que o lote de soja passa a ter uma elevação no seu prêmio (USD + 0,40/*bushel*), pois já agregou valor de frete e está seguindo na direção da maior demanda. No Golfo do México, o mesmo lote já acumula um prêmio (*basis*) de USD1,15/*bushel* a ser aplicado sobre a cotação de Chicago no próximo mês de vencimento (o primeiro contrato da tela). Ao cruzar o Oceano Atlântico, agrega-se ainda o custo de transbordo de barcaça para navio

[2] O *bushel* é uma unidade volumétrica, portanto varia em cada produto. No caso da soja, equivale a 27,2155 kg.

Digitalizado com CamScanner

e o frete e descarga no Porto de Roterdã. No exemplo, essa passagem elevou o prêmio para USD2,90/*bushel*, a ser aplicado sobre o valor referencial da CBOT.

Apesar da denominação, é comum esse "prêmio" assumir valores negativos, o que pode confundir o entendimento dos *traders* iniciantes. A seguir, será explicado por que isso ocorre.

Para demostrar a segunda parte descrita por Miceli (2008) será apresentado um caso real reportado pelo jornal "A Gazeta do Povo" em março de 2013, no pico da colheita da safra brasileira de soja:

> "Prêmio para exportação fica negativo pela primeira vez na safra"
>
> A soja brasileira passou a ter desconto de 2 centavos de dólar por bushel na comparação com o primeiro contrato da bolsa de Chicago (CBOT). É a primeira vez que o mercado trabalha com prêmio negativo no Porto de Paranaguá nesta safra 2012/13. Os principais motivos seriam a disponibilidade maior de grãos, dado o avanço da colheita brasileira, e os atrasos nos embarques. Na segunda-feira, ainda havia um prêmio de 4 centavos extras por bushel. Em 1.º de fevereiro, quando o volume colhido era menor, o prêmio era de 1,20 dólar e, no fim de 2012, na entressafra, chegou a 1,40 dólar sobre o primeiro contrato de Chicago.[3]

Na matéria, destacam-se dois pontos: a disponibilidade maior de grãos (efeito sazonal e excesso de oferta) e os atrasos nos embarques (questões logísticas que elevam o custo do transporte devido ao *demurrage*[4]). Os dois fatores simultaneamente pressionaram os prêmios para o campo negativo.

Para concluir a questão envolvendo a base, é importante ressaltar que, em produtos de elevado valor e grande variação de qualidade, esta se torna um importante elemento de base, até mais

---

[3] <http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/agricultura/premio-para-exportacao-fica-negativo-pela-primeira-vez-na-safra-333ov6iucyadr6x4gwlfc82e0>.

[4] *Demurrage* é um termo técnico, usado no Direito Marítimo, que significa sobrestadia, ou seja, o avanço além do tempo pactuado, do navio ou do equipamento (contêiner). A indenização ou multa pela sobrestadia é devida pelo afretador, arrendatário, exportador ou importador ao armador ou dono do navio ou do equipamento.

Digitalizado com CamScanner

relevante que o frete. Nesses casos, normalmente observam-se as tabelas de ágio de deságio, previamente negociadas, aplicáveis aos preços-referência de bolsa. São *commodities* em que o processo de classificação (*grading*) assume especial importância, tendo como exemplo as culturas do café e do algodão, conforme exemplifica a Figura 15.3, no caso do café.

Preços Café Data: 19/05/2017 Ano: 2017

Padrão: DURO | DURO/RIADO, RIADO, DURO/RIADO/RIO | RIO Imprimir

Preços disponíveis a partir de 19/01/2006.

Última venda realizada pela - COCATREL - em 19/05/2017
Preços líquidos pagos ao produtor + 1% ICMS
***** OBS: OS PREÇOS DOS CAFÉS CEREJA DESCASCADO E CAFÉS ESPECIAIS SERÃO AVALIADOS DE ACORDO COM A QUALIDADE *****
(livre de impostos sujeito apenas ao seguro)

Bebida	Tipo Defeito	Preço R$	Bebida	Tipo Defeito	Preço R$
Duro	60	455,00	Duro	170	438,50
	70	453,50	Duro	180	437,00
Tipo 6 Base	80	452,00	Duro	190	435,50
	90	450,50	Duro	200	434,00
	100	449,00	Duro	210	432,50
	110	447,50	Duro	220	431,00
	120	446,00	Duro	230	429,50
	130	444,50	Duro	240	428,00
	140	443,00	Duro	250	426,50
	150	441,50	Duro	260	425,00
Tipo 7 Base	160	440,00	Duro	270	423,50

Deságio	
CAFÉ NOVO	-0,00
CAFÉ COM SECA MÁ	-10,00
DISCREPANTE	-25,00
ESVERDEADO 2016/2017	+5,00
M.DISCREP.DISC./BARR.	-25,00
MANCHADO	-5,00
CHUVADO	-5,00
SAFRA 2016/2017	-0,00
SAFRA 2015/2016	-10,00
SAFRA 2014/2015	-10,00
ANTERIORES A 2014/2015	-10,00

COMENTÁRIOS: * CAFÉS COM MAIS DE 270 DEFEITOS, DESAGIO DE R$ 1,00 A CADA 10 DEFEITOS.

Figura 15.3 - Variação dos preços por qualidade do café – Cooperativa de Café de Três Pontas-MG.

Fonte: <http://www.cocatrel.com.br/mercadonovo.php>.

O mercado a termo

Essa modalidade representa a venda de *commodities* com ou sem pré-pagamento e as operações de troca de insumos (*barter*) como mecanismo de custeio. A troca, como modalidade comercial, é mais comum no mercado a termo e vem crescendo desde 1988, quando as primeiras operações com entrega de fertilizantes por recebimento de soja foram implementadas pela Trading Cutrale Quintella, nos estados

Digitalizado com CamScanner

de Goiás e Mato Grosso. As operações de troca, que serão também contextualizadas no tópico "Crédito de Custeio e a Comercialização de *Commodities*", servem como forma de venda de insumos a prazo, garantidas mais comumente pelo penhor (ou outras garantias admissíveis) da produção que será entregue em determinado prazo e local. O instrumento mais usado nas trocas é a CPR (Cédula de Produto Rural), em que consta a especificação do produto, prazo e local de formação da lavoura e entrega da produção. Já nas transações de venda antecipada da produção com/sem pré-pagamento, normalmente operados pelas *tradings*, usa-se o contrato de compra e venda, por ter redação livre (CPR é regulada por Lei); dessa forma, várias cláusulas especificas (p.ex.: sobre retenção de *royalties*) podem ser incluídas.

A diferença fundamental entre o mercado a termo e o físico é que, no primeiro, as transações ocorrem em etapas que se distanciam no tempo, podendo prolongar-se até 12 meses (mais comum) ou mais. Também incide sobre as operações a termo um fator de risco mais elevado, haja vista que, no contrato de compra e venda a termo ou na CPR, existe uma obrigação de entrega futura da produção que ainda será cultivada, ou seja, sobre ela incide um certo grau de incerteza derivado do risco climático e fitossanitário. Em resumo: no mercado físico, a mercadoria está pronta e disponível em um local de retirada, enquanto na operação a termo essa condição só ocorrerá após a confirmação da colheita.

De todas as modalidades de mercado descritas neste capítulo, a modalidade a termo é a que contém a maior parcela de risco. Além dos riscos descritos, derivados de fatores naturais, os contratos a termo ainda estão sujeitos à inadimplência (*default*) por risco moral, ou seja, alguém, comprador ou vendedor, não cumpre a sua parte por desinteresse unilateral. Isso ocorre, por exemplo, quando o preço sobe muito e torna-se interessante para o vendedor desviar a produção para um comprador que pague preço mais alto, deixando o comprador original da produção sem o produto. Da mesma forma o comprador pode descumprir o contrato ao não receber o produto previamente negociado pelo vendedor, alegando problemas de qualidade, por exemplo, e posteriormente comprando de um terceiro com condições de preços mais favoráveis. Fica claro que, para esses casos, existem remédios jurídicos, como as medidas cautelares de sequestro da produção, além de outras ações previstas no código de processo civil,

Digitalizado com CamScanner

mas é sempre recomendável fazer uma análise de crédito da outra parte antes de negociar, pois esse mercado exige uma boa dose de credibilidade entre os seus operadores.

O mercado futuro

A história dos mercados futuros, como conhecida hoje, remonta ao século XIX na fronteira agrícola do meio-oeste americano. É uma fase bastante ligada ao florescimento do comércio de mercadorias em Chicago e da comercialização de grãos naquela região do alto Mississipi. Chicago era uma cidade logisticamente estratégica, por estar próxima aos grandes lagos e às terras férteis do meio-oeste.

Para os produtores e processadores de alimentos (em particular os moinhos de trigo), o caos na oferta e demanda eram eventos comuns no início dos anos de 1800. O excesso de oferta em períodos pós-colheita afetava fortemente os produtores que, por vezes, eram obrigados a deixar a sua produção nas ruas da cidade por falta de compradores. Nos anos de quebra de safra, ao contrário, era a vez dos compradores sofrerem com a falta de matéria-prima, o que ocasionava forte elevação nos preços e insolvência de moinhos, por não terem o que processar. Adicionalmente, as quebras de safra geravam forte impacto social e até fome nas camadas mais carentes da população. O problema era ainda agravado pela falta de estrutura de armazenamento e dificuldades no transporte da produção.

Em 1848, 82 comerciantes tomaram a iniciativa de criar a *Chicago Board of Trade*, que já no início pressionou os políticos locais pela construção de estradas rurais, armazéns, hidrovias e portos fluviais. Na mesma época, produtores e processadores começaram a pré-contratar a produção com vistas a reduzir os efeitos da volatilidade de preços e desequilíbrio entre a oferta e a demanda. O primeiro contrato a termo foi negociado no dia 13 de março de 1851. Mas os primeiros contratos tiveram problemas por falta de padronização de qualidade e definição clara do período de entrega, o que gerou inadimplência em muitos casos. A partir de 1865, a Bolsa tomou a iniciativa de padronizar os contratos, chamando-os de contrato futuro. Nesse mesmo ano, criou-se um sistema de margeamento de contratos, que obrigava os compradores/vendedores a depositarem valores em garantia do

Digitalizado com CamScanner

cumprimento dos contratos, independentemente da variação de preços entre a data da negociação e a da entrega, preservando, dessa forma, a credibilidade dos contratos e da própria bolsa. Com esses passos, foram implementados os princípios básicos que norteiam as operações com contratos futuros até os dias de hoje.[5]

Nas bolsas de maior liquidez, entre as quais se inclui a nossa BM&FBovespa, é ainda comum alguns contratos futuros oferecerem a possibilidade de liquidação por entrega da mercadoria, no entanto, tradicionalmente, essa forma de liquidação é pouco frequente, algo em torno de 1% do volume dos contratos negociados. Apesar de ter se originado do contrato a termo, o contrato futuro tem como finalidade gerar a oportunidade de proteção para os operadores do mercado físico (*hedgers*) e liquidez para os especuladores, que têm um papel fundamental na dinâmica do mercado, permitindo que as safras sejam transacionadas em maior volume que no mercado físico, bem como que compradores e vendedores saiam das suas posições (revendendo ou recomprando seus papeis) a qualquer momento. A Figura 15.4 caracteriza o contrato de café 4/5 na BM&FBovespa.

Conforme descrito, no contrato de Café da BM & FBovespa há todos os parâmetros necessários para qualquer operador nortear a sua conduta operacional junto ao(s) seu(s) corretor(es). O mês de vencimento é um dos itens importantes da caracterização do ativo, além de comum a todos os contratos futuros.

A Figura 15.5 apresenta os vencimentos do contrato de soja na CBOT. Foi adotada como exemplo, pois é a mais importante para a precificação da soja brasileira e será usada no item "Formação de preços no mercado físico utilizando o mercado futuro".

[5] Chicago Board of Trade – Educational and Marketing Services Dpt. - Commodities Trade Manual - Chapter 1; pg. 4 e 5.

Digitalizado com CamScanner

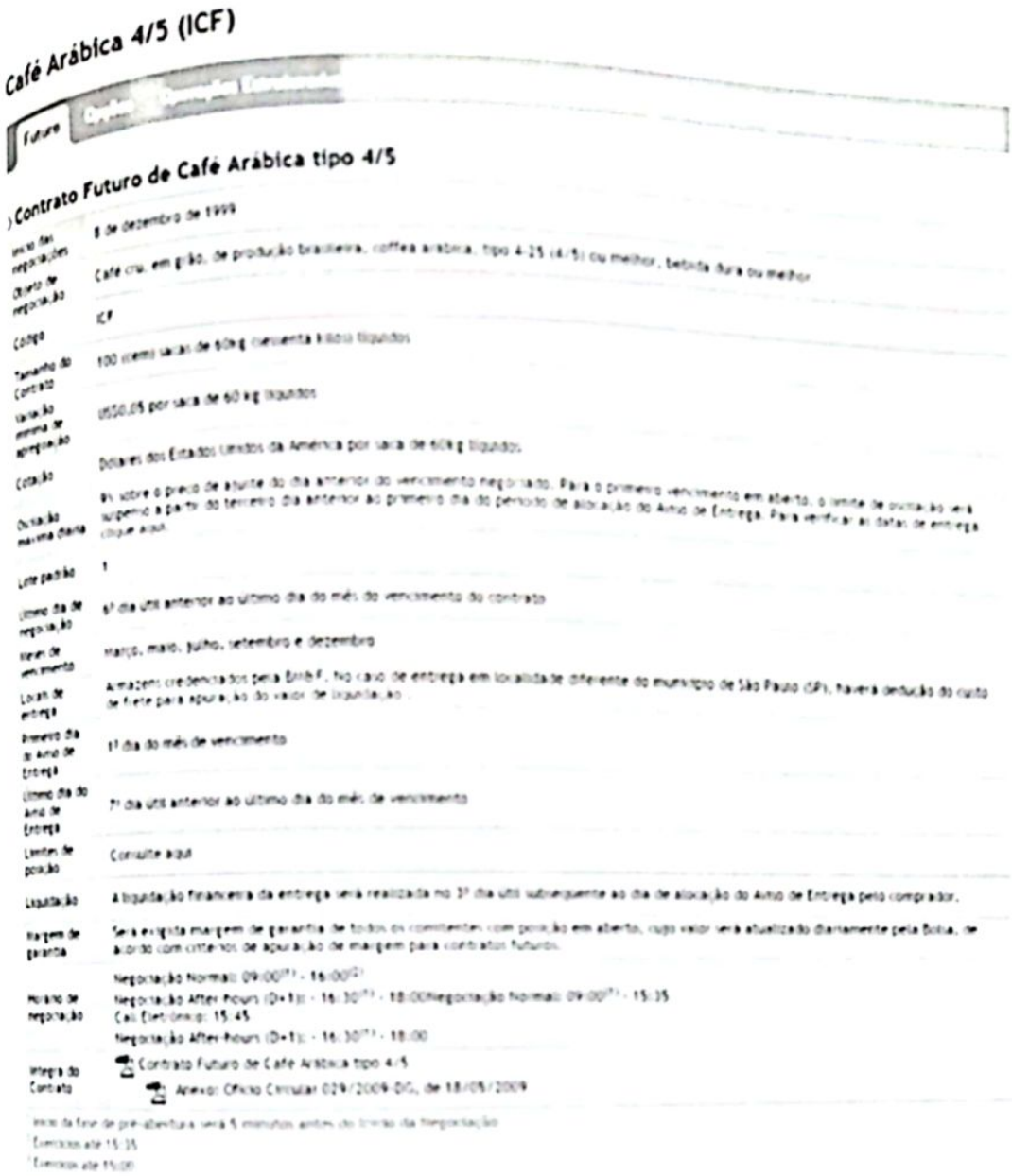


Figura 15.4 - Característica do Contrato de Café Arábica 4/5 (ICF).

Fonte: Elaborado pelo autor.

Digitalizado com CamScanner

Month	Options	Charts	Last	Change	Prior Settle	Open	High	Low	Volume	Hi / Low Limit	Updated
MAR 2016	Opt		868'6	14'2	8830	8824	8842	8674	104 900	9430 / 8230	11:43:18 CT 28 Jan 2016
MAY 2016	Opt		871'2	14'0	8852	8844	8862	8702	33 520	9452 / 8252	11:43:11 CT 28 Jan 2016
JUL 2016	Opt		877'2	13'6	8910	8902	8916	8762	21 705	9510 / 8310	11:43:05 CT 28 Jan 2016
AUG 2016	Opt		879'0	13'6	8926	8924	8934	8780	1 846	9526 / 8326	11:42:55 CT 28 Jan 2016
SEP 2016	Opt		878'6	13'4	8922	8910	8924	8774	1 871	9522 / 8322	11:42:54 CT 28 Jan 2016
NOV 2016	Opt		880'4	13'6	8942	8930	8946	8794	11 048	9542 / 8342	11:43:00 CT 28 Jan 2016
JAN 2017	Opt		889'0	9'2	8982	8944	8956	8890	66	9582 / 8382	10:13:11 CT 28 Jan 2016
MAR 2017	Opt		887'2	12'2	8994	8986	8986	8850	262	9594 / 8394	11:41:58 CT 28 Jan 2016
MAY 2017	Opt		903'0	+0'2	9026	9030	9030	9030	10	9626 / 8426	08:47:08 CT 28 Jan 2016
JUL 2017	Opt		902'0	6'2	9082	9080	9080	9020	53	9682 / 8482	09:38:58 CT 28 Jan 2016
AUG 2017	Opt		-	-	9062	-	-	-	0	9662 / 8462	08:47:08 CT 28 Jan 2016
SEP 2017	Opt			-	9006	-	-	-	0	9606 / 8406	08:47:08 CT 28 Jan 2016
NOV 2017	Opt		884'0	-10'4	8944	8900	8900	8840	105	9544 / 8344	11:29:19 CT 28 Jan 2016
JAN 2018	Opt		-	-	8994	-	-		0	9594 / 8394	08:47:08 CT 28 Jan 2016
MAR 2018	Opt		-	-	9044	-		-	0	9644 / 8444	08:47:08 CT 28 Jan 2016

Figura 15.5 - Tela de vencimentos do contrato de soja grão na CBOT.

Foto: Elaborado pelo autor.

A Figura 15.5 reproduz uma tela de cotações da CBOT, apresentando os meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, setembro e novembro como vencimentos possíveis, ou seja, um operador de mercado (*trader*) ou um especulador poderão ter todas essas alternativas de meses para trabalhar. No caso dos *traders*, por exemplo, que irão usar a bolsa para a sua proteção contra os riscos de mercado (*hedge*), a escolha do mês deve ser pautada pela sincronia com a sua operação de compra ou venda no mercado físico ou a termo. Exemplo: um exportador que está comprando (posição *long* físico) um lote de USD10 milhões em soja para entrega em Rondonópolis até 15/04/2016

Digitalizado com CamScanner

deverá considerar o tempo de armazenagem, transporte, transbordo no Porto, carga no navio e efetivo recebimento do pagamento do grão embarcado. Então, para não ficar exposto, ele deverá vender (posição *short* futuros) uma posição de igual valor no contrato futuro de maio. Observem-se as posições comprado (*long*) físico e vendido (*short*) em futuros, termos que serão melhor explicados no próximo tópico.

No caso de um especulador, os ganhos podem ser obtidos pela operação de *spread* entre meses, decisão que deve ser tomada com base em técnicas estatísticas, que não são objeto deste capítulo, mas operações bastante comuns em todas as bolsas de futuros. Exemplo: um especulador vende (posição *short* futuros) contrato futuro de julho a USD877 ¼ bu e simultaneamente compra (posição *long* futuros) contrato futuro de novembro a USD880 ½, acreditando que o *spread* de + 003 ¼ é estatisticamente pequeno e deve se "alargar". Se o *spread* abrir para + 006, por exemplo, o especulador zerará as posições, realizando o ganho com a maior diferença. Uma boa colheita das safras na América do Sul entre Fev⇔Abr e uma quebra da safra nos EUA, colhida em Ago⇔Set representa uma situação real, em que esse *spread* poderia ser influenciado.

Conceito de *Hedge*

O conceito de *hedge* tem sentido amplo e não se aplica apenas aos ativos agrícolas. A necessidade de proteção contra a volatilidade de preços está presente na maioria dos negócios. A proteção pode ter um viés cambial para os importadores/exportadores, ser necessária contra oscilações nas taxas de juros para instituições financeiras ou, neste contexto, para um produtor de milho que pretende adiar suas vendas nos mercados físico ou a termo sem correr muito risco de queda nos preços. A amplitude do conceito de *hedge* é mostrada na visão do Banco Itaú a respeito:

> "O que é Hedge? A palavra "hedge" pode ser entendida como "proteção". Hedge é uma operação que tem por finalidade proteger o valor de um ativo contra uma possível redução de seu valor numa data futura ou, ainda, assegurar o preço de uma dívida a ser paga no futuro. Esse ativo poderá ser o dólar, uma commodity, um título do governo ou uma ação.

Digitalizado com CamScanner

> Os mercados futuros e de opções possibilitam uma série de operações de hedge. Por exemplo, através de mercado futuro de dólar (negociado na BM&F), uma entidade que possui dívidas em dólar pode reduzir o risco de uma perda provocada por uma elevação da cotação da moeda norte-americana, desde que compre contratos futuros de dólar em valor equivalente à sua dívida.
>
> Proteções semelhantes podem ser feitas para reduzir riscos de outros mercados, com taxas de juros, bolsas de valores, contratos agrícolas e outros, dependendo das necessidades da instituição que está à procura do hedge."[6]

Exemplo de *Hedge* no agronegócio

Será demonstrada, neste capítulo, uma estruturação de *hedge* para um produtor de café posicionado na região Sul de Minas. O café foi adotado por ser um pouco mais simples de explicar, haja vista que a BM&FBovespa possui um contrato de café de elevada liquidez, definindo Guaxupé-MG como ponto de entrega e sem a complexidade de aplicar o conceito de *basis* nessa transação, o que vai simplificar o entendimento.

Dados

Produção total: 20.000 scs de café.

Lote para *Hedge*: 10.000 scs de café.

Custo de produção: USD130,00/sc.

Intenção: proteger a sua rentabilidade entre maio (momento da operação) e setembro (momento em que pretende negociar o café no mercado físico).

Instrumento a ser usado: Contrato Futuro (100 scs) de Café Arábica 4/5 com vencimento em setembro.

No dia 15 de maio, a cotação na BM&F para o vencimento em setembro é de USD175,00, e o produtor vende 100 contratos nesse nível de preço, travando uma posição de USD1.750.000,00.

---

[6] <www.itauinvestnet.com.br/itauinvestnet/fundos/entenda/conteudo.aspx?op=35>.

Digitalizado com CamScanner

Em 15 de setembro, o produtor realiza a venda no mercado físico do seu lote de 10.000 scs, porém, por conta da boa produtividade geral da safra e da redução de demanda no exterior, o mercado retrai e, nesse momento, o valor da saca nesse padrão de qualidade está em USD160,00. Dessa forma, o produtor apura em reais o equivalente a USD1.600.000,00.

Considerando uma convergência perfeita entre o mercado futuro e o mercado físico, temos que, ao recomprar os 100 contratos vendidos na BM&FBovespa, o produtor irá apurar uma diferença positiva de USD15,00 por saca X 10000 scs = USD150.000,00. Dessa forma o produtor alcançou o seu objetivo de proteger a sua receita e margem, sendo compensado pelos ganhos na bolsa.

Aspectos relevantes sobre a operação: o exemplo apresentado trata-se de um *hedge* perfeito, em que são excluídas imperfeições que costumam afetar esse mecanismo de compensação. Um primeiro ponto é que a convergência de preços entre o mercado futuro e o mercado físico nem sempre culmina em um valor exatamente igual. Em segundo, excluem-se taxas, emolumentos e corretagem, valores cobrados pela bolsa e pelos corretores. Em terceiro, não se observa nenhum ágio/deságio (Figura 15.3) sobre a qualidade do café, considerando uma qualidade idêntica ao contrato da bolsa. Por fim, não são relatados os ajustes diários que ocorrem nas operações com mercado futuro. Apesar de não ser relevante para este capítulo, é importante que qualquer pessoa que pretenda operar em bolsa entenda o mecanismo ajuste diário, pois ele exigirá do *hedger* ou especulador disponibilidade de caixa para contingências de mercado. Vale ressaltar que, no caso das opções, não existe ajuste diário, mas paga-se um prêmio no início da operação, que passa a ser mais previsível sob o ponto de vista da gestão de caixa do *hedger*.

E o que são os derivativos agrícolas?

Derivativos são contratos que derivam a maior parte de seu valor de um ativo subjacente, taxa de referência ou índice. O ativo subjacente pode ser físico (café, ouro etc.) ou financeiro (ações, taxas de juros etc.), negociado no mercado à vista ou não (é possível construir um derivativo sobre outro derivativo). Os derivativos podem ser classificados em contratos a termo, contratos futuros, opções de compra

Digitalizado com CamScanner

e venda, operações de *swaps*, entre outros, cada qual com suas características.

Os derivativos, em geral, são negociados sob a forma de contratos padronizados, isto é, previamente especificados (quantidade, qualidade, prazo de liquidação e forma de cotação do ativo-objeto sobre os quais se efetuam as negociações) em mercados organizados, com o fim de proporcionar aos agentes econômicos oportunidades para a realização de operações que viabilizem a transferência de risco das flutuações de preços de ativos e de variáveis macroeconômicas.[7]

Dessa forma, quando se opera um contrato a termo fazendo a proteção de preço através de um contrato futuro em bolsa (*hedge*), opera-se com um derivativo. Da mesma forma, ao tomar a proteção sobre um contrato de opções (que já é um derivativo), faz-se uma operação de derivativo em cima de outro derivativo.

Também é possível fazer um *hedge* contra um contrato a termo. Em que situação isso pode ocorrer? Exemplo: um produtor-A do MT opera, no período da tarde, através de uma CPR (Cédula de Produto Rural), uma troca de insumos por soja com uma distribuidor-B de defensivos. Esse distribuidor, por sua vez, já havia fechado, no início do dia, um contrato de compra e venda com uma *Trading* para um lote maior de grãos. A exportadora-C fez um *hedge* em contratos futuros na CBOT no mesmo momento em que comprou o lote do distribuidor. No final do dia temos: o *hedge* de A contra um derivativo - contrato a termo; o *hedge* de B contra um derivativo - contrato a termo; e o *hedge* de C contra um contrato futuro.

O que são e para servem as opções em bolsas de futuros?

Segundo Miceli (2008, p. 115-116),

> as opções são contratos financeiros em que são negociados direitos e obrigações sobre o ativo-objeto, por determinado preço até uma data específica. As opções são fundamentalmente diferentes dos CONTRATOS FUTUROS

[7] <www.portaldoinvestidor.gov.br/menu/Menu_Investidor/derivativos/Derivativos_introducao.html>.

Digitalizado com CamScanner

> e a TERMO, uma vez que elas proporcional ao seu titular o direito de fazer algo sem, no entanto, precisar exercê-lo, inversamente, nos CONTRATOS FUTUROS e a TERMO, as duas partes se comprometem a fazê-lo.

Existem dois tipos de opções, a saber: PUT – Opção de Venda e CALL – Opção de Compra.

Uma forma didática de se compreender as opções é fazer analogia ao seguro de um automóvel com uma Opção de Venda – PUT. De fato, quando se contrata um seguro de um veículo, contrata-se uma opção de venda de um veículo sinistrado, para a seguradora, mediante o pagamento de um prêmio. Exemplo: o indivíduo que destrói seu veículo contra um poste, mas, com sorte, sai vivo e capaz tomar decisões, poderá exercer o direito de "vender" o que sobrou do seu carro para a seguradora.

Em janeiro, uma PUT de café na BM&F Bovespa, por exemplo, contratada com o preço de exercício de USD130,00 para vencimento em novembro de 2016, enquanto o mercado futuro paga USD140,00 para o mesmo vencimento, pode ser contratada pagando USD5,75. Efetuada essa operação, se o mercado de café, em novembro, cair para USD120,00, o indivíduo terá direito de vender a USD130,00 e apurará um resultado líquido de USD4,25 (assumindo que ele é um especulador e não usou a opção para proteção de preço do café físico). Entretanto, se o mercado estiver em USD140,00 no vencimento, o indivíduo simplesmente não exercerá a PUT e perderá o que pagou de prêmio.

A importância da logística na formação de preços

Considerando o tamanho continental do Brasil, é de se esperar que o item transporte assuma um papel importante na precificação das *commodities* agrícolas, sobretudo nos casos das culturas que apresentam menor valor por tonelada transportada, como é o caso da soja, e, mais evidente ainda, o caso do milho. Entretanto, esse quesito perde força quando se trata de algodão ou café, pois ambos apresentam elevado valor em contraponto ao custo do transporte.

Digitalizado com CamScanner

Nesse contexto, um dos aspectos funcionais mais importantes na gestão de uma empresa exportadora de grãos recai sobre as suas operações de logística. É na logística, e aí incluem-se a armazenagem e os transbordos, que reside o maior risco de prejuízos para as *tradings*.

Formação de preços no mercado físico utilizando o mercado futuro

Este é um ponto de consolidação de conhecimentos adquiridos neste capítulo. Para demonstrar melhor a questão da formação de preços, adota-se um modelo mais complexo para obrigatoriamente usar boa parte do que foi explicado nos tópicos anteriores. Dessa forma, precifica-se a exportação de soja, com base na Bolsa de Chicago-CBOT. Na Tabela 15.1, foram calculados os preços para a compra de soja em meses distintos, o que dará uma visão da dinâmica do mercado e os fatores influenciados pelo tempo.

Tabela 15.1 - Exportação direta

	Exportação direta				
	Março/16		Maio/16		
Cotação	US$	8,6875	US$	8,7125	Bushel
Prêmio (BASIS	US$	0,3400	US$	0,2600	Bushel
Conversão Bushel p/ ton*					
FOB Estivado	US$	331,72	US	329,70	Ton
Fobbing	US$	10,00	US	10,00	Ton
Conversão ton p/saca de 60 kg**					
S/Rodas Porto	US$	19,30	US	19,18	Saco
	R$	7077	$	80,93	
Frete p/ Porto	US$	79,79	US$	79,79	Ton
	R$	325,00	R$	331,95	
Valor liquido	US$	14,80	US$	14,66	Saco
	R$	60,27	R$	61,01	

* Multiplicar a soma de COBT + Base por 36,7545.

** Multiplicar a subtração do Fobbing do FOB Estivado por 0,06.

*** Na conversão em R$ deve ser usado o câmbio projetado para a data do embarque do lote e não da sua compra.

Fonte: Simconsult – Elaborado por Agrosecurity, 2016.

Digitalizado com CamScanner

Com base na Figura 15.1, é possível colocar os valores dos contratos na CBOT no topo da tabela. Na segunda linha, estão as bases (*Basis* ou Prêmios), números que podem ser encontrados em suplementos econômicos de jornais, *sites* especializados (ex. www.simconsult.com.br) ou através de corretores do mercado físico. O cálculo é feito para uma operação no mercado a termo, pois calcula-se o preço de soja em janeiro para ser entregue em março ou maio, de acordo com o que ficar negociado entre o *Trader* e o Produtor Rural. Cabe ao produtor escolher a melhor época para a entrega conforme o cronograma de colheita e os compromissos já assumidos com esse ou outros compradores.

Então, ao valor de CBOT deve-se somar ou subtrair o prêmio que o mercado está pagando no mês da entrega. Existe uma redução no prêmio de maio em relação a março, devido à maior oferta de produto em maio quando entram no mercado as safras do PR e RS, abastecendo todos os portos do leste. Depois de converter as cotações em toneladas, deduz-se o *Fobbing*, que é o custo da estiva[8] e a documentação operada por despachantes aduaneiros; depois o frete, que também varia de mês a mês de acordo com a estimativa de demanda por caminhões ou outro modal que a compradora dispuser para operar.

Vale ressaltar mais uma vez a importância do frete para a empresa que exporta, haja vista que não existe *hedge* de transporte rodoviário, e a contratação de caminhões é normalmente muito próxima do momento de transportar a carga. Alta no diesel, greve no porto, greve de caminhoneiros ou atraso na colheita por excesso de chuva são exemplos do que pode dar errado para quem trabalha com projeção de frete, o que representa a maioria dos exportadores. Contratos com ferrovia ou hidrovia podem minimizar esse risco, mas estão disponíveis para poucas rotas e poucas empresas, pois normalmente exigem um volume mínimo no formato *take or pay*[9], o que ainda deixa uma parcela de risco para o contratante, mas ainda menor do que para aqueles que dependem apenas do transporte rodoviário.

---

[8] Serviço de movimentação de carga a bordo de navios nos portos.

[9] No sentido estrito do transporte, são acordos escritos entre um transportador (ferrovias ou hidrovias) e uma empresa exportadora, que obrigam o exportador a pagar por determinado volume de transporte, independentemente de haver ou não carga na vigência do contrato. Se contratou para 500 toneladas e transportar só 400, paga pelas 500.

Digitalizado com CamScanner

Principais contratos operados no mercado brasileiro

A fixar: consiste em um adiantamento em que se pré-define um indexador + juros (US ou R$) lastreado por um penhor de *commodity* em volume superior ao valor adiantado. A fixação do preço da *commodity* pode normalmente ocorrer antes ou após a colheita (conforme for pactuado). Serve como forma de captação de recursos por parte do produtor junto a uma agroindústria ou exportadora. É mais usado quando o mercado a termo está muito baixo. Para o comprador, serve como um acordo de suprimento, mas envolve risco de crédito.

Pré-fixação: consiste na pré-fixação de preço base CBOT + *Basis*, com definição de um preço que pode ser na origem ou no porto. Mesmo se for sem pré-pagamento, trata-se de um contrato a termo.

Troca: assemelha-se à pré-fixação com adiantamento em insumos agrícolas, configurando, dessa forma, um contrato a termo pelo fato de já definir antecipadamente o valor da *commodity* através da paridade insumo/produto. Exemplo: 25 sacas de soja por tonelada de fertilizantes 00.20.20 + 30 kg de Zinco, a serem entregues no Armazém XYZ, na BR 163, Km 153.

Nota: Nos contratos de pré-fixação ou troca podem ser usados tanto a CPR, CPR-F[10] como Contratos de Compra e Venda. Naqueles a fixar, somente é viável a utilização de Contrato de Compra e Venda.

A Tabela 15.2 destaca os títulos e contratos mais usados em seus respectivos ambientes de negócio, considerando os diferentes mercados operados no Brasil.

[10] CPR-F é basicamente um instrumento para operações de crédito, não envolvendo a comercialização da produção. Permite a liquidação financeira (sem a entrega da produção), desde que sejam formalizados, no título, o preço ou o índice de preços das mercadorias, a instituição responsável, o nome e as referências da sua publicação, a praça ou o mercado de formação do preço.

Digitalizado com CamScanner

Tabela 15.2 - Títulos e contratos mais comuns

Mercado	Tipo de contrato/títulos mais comuns	Risco relevante
Físico	Contrato de compra e venda e certificados de depósito agropecuário	Baixo risco – moral, no caso de a mercadoria vendida apresentar algum gravame ou embargo. Risco relativo ao armazenador.
A termo	CPR e contrato de compra e venda (fixo ou a fixar)	Médio a alto risco – moral, no caso de a mercadoria vendida apresentar algum gravame ou embargo. Risco relativo ao armazenador. Risco de quebra de produção ou de qualidade.
Futuro	Contratos padronizados pelas bolsas	Risco baixo – falta de liquidez do próprio operador no caso de ajustes elevados na bolsa.

Como objetivo, neste texto, é abordar a comercialização das *commodities*, não há como concentrar-se demasiadamente nos tópicos relativos à gestão de risco do preço, mas é necessário comentar sobre os conceitos de derivativos e o instrumento contratual das opções.

Crédito de custeio e comercialização de commodities

No Brasil, há um modelo matricial de financiamento da atividade rural que pode ser considerado único no planeta. Considerando a sua dimensão continental, a possibilidade de plantar o ano todo em grande parte do território e a diversidade de produção agropecuária, o Brasil torna-se um *case* de complexidade e demanda de capital para custeio agrícola sem semelhante no mundo. Nesse contexto,

> 'podem-se separar os modelos de crédito agrícola para cadeia de grãos no Brasil em dois grandes grupos: o crédito agrícola oficial e o crédito agrícola comercial privado ou

Digitalizado com CamScanner

> não-oficial. Os modelos de crédito agrícola oficial estão ligados ao crédito obtido junto ao sistema bancário e às cooperativas de crédito, dentro das normas balizadas pelo Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR) e pelo Manual de Crédito Rural (MCR). Esses recursos podem ser controlados (taxas subsidiadas) ou livres, e suas principais fontes são: recursos obrigatórios, poupança rural, fundos constitucionais e Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). Quanto aos modelos de crédito agrícola comercial ou não-oficial, seus recursos são disponibilizados pelos fornecedores de insumos, seus distribuidores (revendas e cooperativas agropecuárias), as tradings e exportadores de grãos e seus derivados. Esses recursos não estão ligados ao SNCR e são dispostos pelas empresas, predominantemente multinacionais, de acordo com as suas estratégias de marketing, operações de gestão de custo e planejamento logístico da venda de insumos e compra da matéria-prima para exportação, processamento e venda no mercado interno. Podemos classificar os modelos de crédito dentro desses dois grupos em cinco: 1) Crédito Bancário; 2) Crédito das cooperativas de crédito, 3) Compra de insumos com pagamento a prazo safra; 4) Venda antecipada da produção e 5) Operação de Troca (Barter). Os dois primeiros modelos estão dentro do grupo de crédito oficial e os três últimos ao grupo de crédito não-oficial. No artigo, serão abordados aspectos referentes ao risco para cada modelo (SILVA; LAPO, s.d.)".

Atualmente, o crédito agrícola comercial privado ou não oficial citado já corresponde a mais de 50% do custeio agrícola no país, tendo como base um estudo realizado pela Agrosecurity em 2010 para as regiões Sul e Centro-Oeste (que correspondem à maior parte da produção do Brasil), conforme a Figura 15.6.

Digitalizado com CamScanner

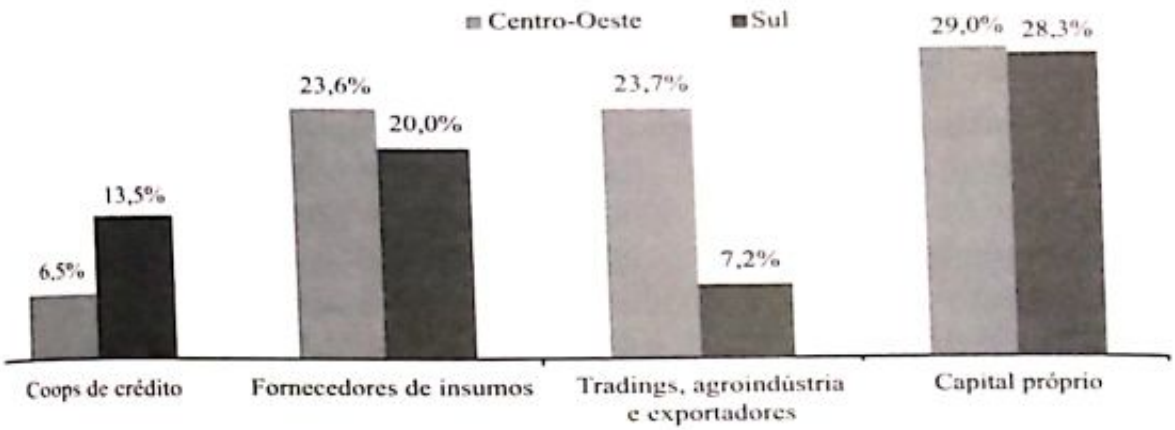


Figura 15.6 - Diferentes fontes de financiamento para a produção na região Centro-Oeste do Brasil.

Fonte: AGROSECURITY, 2010.

No caso específico das empresas fornecedoras de insumos, o crédito materializa-se pela venda a prazo (30 a 365 dias) dos fertilizantes, defensivos e sementes de forma direta ou via sistema de distribuição. Hoje, é comum encontrar empresas que operam acima de 80% das suas vendas a prazo safra (compreendendo os períodos de pré-plantio até pós-venda da safra). Nesse contexto as empresas comerciais brasileiras possuem, via de regra, estruturas de crédito (recursos humanos e materiais) muito mais robustas do que as suas congêneres em qualquer lugar do planeta. Como referência, empresas como Monsanto, BASF e Bayer possuem equipes com 40 a 70 profissionais exclusivamente dedicados às ações de crédito, cobrança e *barter*. Dentro do ambiente de distribuição de porte médio (faturamento entre R$75 a R$150 milhões), é comum encontrar equipes com 3 a 7 profissionais envolvidos em *workflow* de crédito e cobrança. Essa realidade transforma empresas comerciais e sua distribuição em verdadeiros bancos rurais e suas agências de varejo.

Diante do exposto, resta a pergunta: por que, no Brasil, os bancos não assumem a totalidade do crédito rural, como ocorre na Europa e nos EUA? Pelo fato de não ter seguro rural para 90% das áreas cultivadas no país. As margens bancárias não justificam assumir os riscos climáticos e, ou, fitossanitários que são inerentes à atividade agrícola. Se houvesse 100% de cobertura de risco por seguro, sem

Digitalizado com CamScanner

dúvida, existiria uma matriz de financiamento mais próxima do que ocorre na Europa ou EUA.

Considerando a importância do Agronegócio, que hoje corresponde a 23% do PIB, o setor possui, já há algumas décadas, regulações e políticas especificas, que visam fomentar a produção e dar sustentabilidade ao fluxo de capitais destinados ao custeio agrícola. Para oferecer a segurança jurídica necessária a atrair os financiadores privados, em 1994 foi criada a primeira Lei que regulamenta a CPR, hoje, o principal título de venda e, ou, crédito operado no país. As operações com CPR, fisica ou financeira, fazem parte das estratégias operacionais dos principais *players* em crédito no mercado brasileiro, sejam eles bancos comerciais, *tradings*, cooperativas agrícolas, indústria de insumos e seus distribuidores.

CPR, um case brasileiro

A cédula de produto rural (CPR) é um título representativo de uma obrigação com promessa de entrega de produtos rurais, regulada pela Lei 8.929/94. Trata-se de título cambial assemelhado, negociável no mercado comercial de insumos ou financeiro e que permite ao produtor rural ou a suas cooperativas obterem recursos para custear a produção ou empreendimento com a comercialização antecipada ou não.

A CPR tem sido o instrumento mais importante para a veiculação do crédito de custeio na agricultura empresarial brasileira. Esse título é adotado em larga escala, tanto pelo sistema financeiro público e cooperativas de crédito como pelos bancos privados. No âmbito do crédito comercial, a CPR é ainda mais difundida, sendo amplamente utilizada pela indústria de insumos, seu sistema de distribuição e ainda por algumas *tradings* que, apesar de manterem o uso os seus contratos de compra e venda, eventualmente pedem a CPR como garantia nas operações que envolvem o pré-pagamento.

A iniciativa brasileira no desenvolvimento desse instrumento de venda, crédito e securitização foi tão inovadora que despertou a atenção do Banco Mundial, que vem difundindo, sobretudo depois da crise global de 2008, o conceito da CPR, fundamentado no *Study on* Cédula de Produto Rural (CPR) – Farm Product Bond in Brazil, World Bank, 2005 (PIMENTEL; SOUZA, 2005).

Digitalizado com CamScanner

Na década de 1990, quando nasceu a CPR, existia uma grande escassez de recursos e garantias no mercado a termo, onde imperava a insegurança jurídica sobre os contratos de compra e venda nas então embrionárias operações de pré-pagamento e troca. Nesse contexto, as empresas de insumos começaram, por necessidade de mercado, a financiar suas próprias vendas, ao passo que as *tradings* passaram a pré-pagar e a pré-fixar a soja para manter o nível de suprimento, em face da redução da oferta de crédito por parte do Banco do Brasil. Vale ressaltar que, à época, o Banco do Brasil era o detentor de mais de 90% do crédito rural direto ao produtor, e a sua retração na concessão de recursos afetou o mercado de forma definitiva. Então, diante da elevada inadimplência e falta de garantias alternativas, o próprio banco desenvolveu e liderou o processo de aprovação da lei que criou a CPR não só para resolver o seu próprio problema, mas também para atrair novos financiadores, com o intuito de reduzir a pressão política à qual estava submetido. Diante do exposto e analisando a CPR sobre a perspectiva atual, tem-se que:

- As operações de financiamento da atividade agrícola, por meio da utilização da CPR emitida pelo produtor rural, ainda são uma necessidade do sistema agrícola brasileiro.
- A limitação na disponibilidade de recursos públicos para o custeio da produção agrícola fez transferir, para a iniciativa privada, a responsabilidade de financiar uma parte considerável da operação agrícola. Esse fato está ocorrendo novamente diante da crise econômica que impera no país desde 2014.
- Assim, existem diversas formas de se trabalhar com a CPR, no sentido de compor as garantias dos tomadores de crédito ou para a contratação a termo, sejam eles PJ ou PF.
- Do ponto de vista do risco de crédito, as operações estruturadas de trocas (*Barter*) melhoraram a *performance* de pagamentos na via produtor/fornecedor e se mostraram uma excelente alternativa para satisfazer as necessidades de financiamento e antecipação de vendas no mercado a termo.

Digitalizado com CamScanner

Considerações finais

Neste capítulo, foram abordados os principais tópicos que norteiam a comercialização de *commodities* no mercado doméstico. Vale ressaltar que o Brasil é um dos mercados físicos mais complexos do planeta, considerando a dimensão continental do país, as limitações logísticas, a possibilidade de cultivar grãos no verão e no inverno em larga escala, o que o tornam um caso único no agronegócio mundial. Apesar de toda a complexidade, o agronegócio brasileiro, que cumpre o seu ciclo iniciando-se na indústria de insumos e equipamentos, passando pelo competente produtor e terminando no porto ou na agroindústria, tem se mostrado eficiente para vencer todos os desafios impostos, sejam eles internos ou externos. Essa resiliência e pujança, que passa pela eficiência na comercialização, tem colocado o Brasil na condição de protagonista no fornecimento de grãos e fibras para o planeta.

Referências

CHICAGO BOARD OF TRADE – Commodity Trading Manual - Capítulo 1, 1989;

MICELI, WILSON MOTTA. Derivativos de Agronegócios; Ed. Saint Paul, São Paulo, 2008.

PIMENTEL, F.; SOUZA, E. L. L. *Study on Cédula de Produto Rural* (CPR) – *Farm Product Bond in Brazil, World Bank*, 2005

PORTAL DO INVESTIDOR. Banco Itaú. Disponível em: www.itauinvestnet.com.br/itauinvestnet/fundos/entenda/conteudo.aspx?op=35. Acesso em janeiro de 2016.

PORTAL DO INVESTIDOR. CVM Comissão de Valores Mobiliários. Disponível em: www.portaldoinvestidor.gov.br/menu/Menu_Investidor/derivativos/Derivativos_introducao.html. Acesso em janeiro 2016.

PREMIO para exportação fica negativo pela primeira vez na safra. Gazeta do Povo. Disponível em: http://www.gazetadopovo.com.br/agronegocio/agricultura/premio-para-exportacao-fica-negativo-pela-primeira-vez-na-safra-333ov6iucyadr6x4gwlfc82e0. Acesso em janeiro de 2016.

SILVA, Felipe Prince; LAPO, Luis Eduardo Rebolo; Modelos de financiamento da cadeia de grãos no Brasil - 2ª Conferência em Gestão de Risco e Comercialização de Commodities-BM&F-BOVESPA, 2012.

USDA. 2014. Update and Revision History: https://www.ers.usda.gov/data-products/international-agricultural-productivity/update-and-revision-history/

Digitalizado com CamScanner

O milho é uma gramínea explorada desde os primórdios da agricultura, existindo evidências de que sua domesticação teve início há mais de 10.000 anos. Existem variedades adaptadas ao cultivo comercial desde a latitude 58° N até 40° S, do nível do mar até 3.800 metros de altitude e às mais variadas condições de clima e época de cultivo, o que, aliado à versatilidade de utilização do milho, torna essa gramínea uma das espécies agrícolas de maior importância mundial. Com isso, há ampla gama de sistemas de cultivo possíveis de serem explorados com essa cultura. O livro trata de forma abrangente dos principais aspectos agronômicos e explora facetas envolvidas desde o plantio até a colheita, sendo, portanto, rica fonte de informações para agrônomos, técnicos e produtores interessados na cultura da espécie.

Universidade Federal de Viçosa

Embrapa
Milho e Sorgo

UFV

ISBN 978-85-7269-583-1

Digitalizado com CamScanner